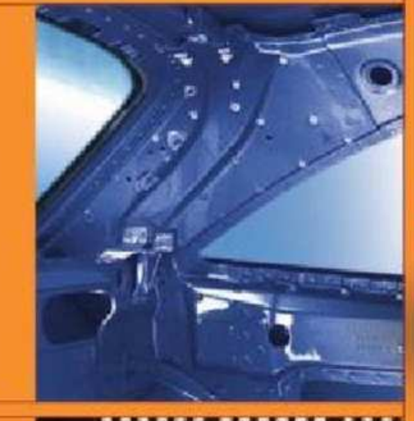
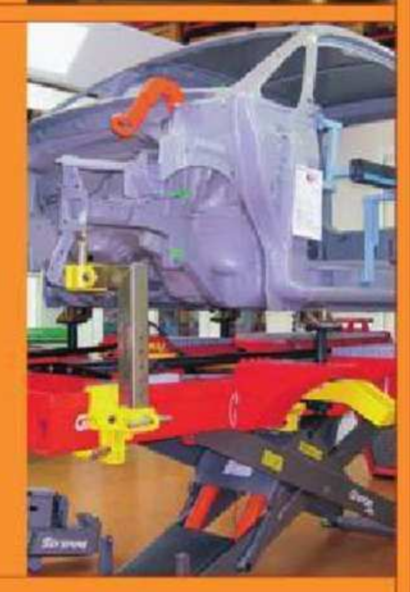










Elementos estructurales del vehículo

Tomás Gómez Morales • José Martín Navarro
Eduardo Águeda Casado • Joaquín Gonzalo Gracia
José Luis García Jiménez

TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS

Carrocería

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL VEHÍCULO

TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS

CARROCERÍA

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL VEHÍCULO

2ª edición

José Martín Navarro
Tomás Gómez Morales
Eduardo Águeda Casado
José Luis García Jimenez

PARANINFO

CARROCERÍA.ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL VEHÍCULO.

Gerente Editorial Área Ciclos Formativos.
Mª José López Raso

Diseño de cubierta:
Ediciones Nobel, S.A.

Preimpresión:
Ediciones Nobel, S.A.

Impresión:
Graficas Rogar
Polig. Alparrache
Navalcarnero (Madrid)

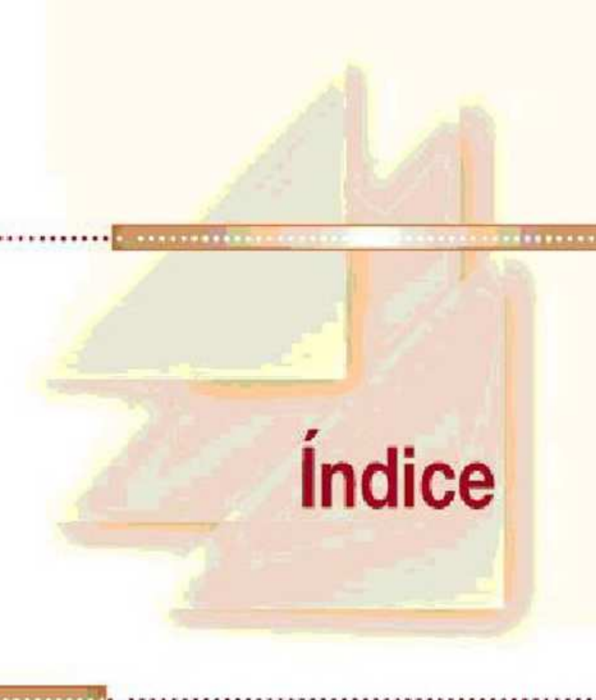
2ª edición, 2009

Av. Filipinas, 50 Bajo A;
28003 Madrid, ESPAÑA
Teléfono: 902 995 240
Fax: 914 456 218
clientes@paraninfo.es
www.paraninfo.es

Impreso en España
Printed in Spain

ISBN: 978-84-9732-686-5
Depósito legal : M-28504-2009

(063/86/85)



Índice

2. Seguridad pasiva 67

3. Análisis de sistema de fuerzas 103

4. Influencia de un golpe en un vehículo 115

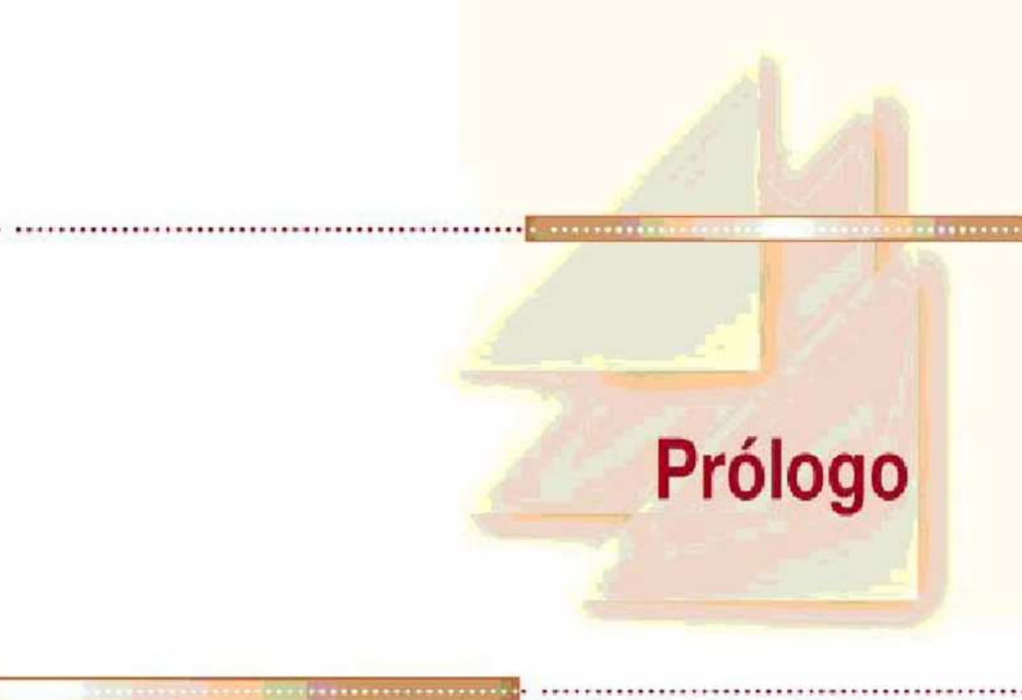
5. Equipo de enderezado 129



6. Diagnóstico de daños estructurales 147

7. Tiros de tracción 199

8. Proceso genérico de reparación con bancada 209



Prólogo

Una frase que ilustraría muy bien la profesión de chapista es la que no dejan de repetir todos los profesionales de este sector: "nunca dos golpes son iguales". Es una manera de explicar lo complicado y a la vez apasionante de una profesión en la que cada vehículo se convierte en un reto.

Algunos golpes serán sencillos de reparar y no requerirán prácticamente esfuerzo. Sin embargo, habrá otros que nos exijan un análisis exhaustivo del impacto y de cómo llevar a cabo su reparación. Es en estas reparaciones donde se aplicarán todos los conocimientos que hayamos adquirido.

Igualmente debemos tener en cuenta que cada reparación lleva implícita la enorme responsabilidad que tenemos en nuestras manos. A medida que los coches alcanzan mayores prestaciones en velocidad, las consecuencias de una mala reparación se incrementan exponencialmente. Para ello es importante reparar con las mejores herramientas y no dejar de lado los avances que en este campo se están introduciendo, como los medidores electrónicos, que permiten un control perfecto del estado de la carrocería.

A pesar de todo esto, creo que la satisfacción que se obtiene cuando un coche que ha entrado en el taller destrozado aparece al final impecable para entregar al cliente, no es comparable con ninguna labor que se haya realizado en el taller, tanto mecánica, eléctrica o de otra índole, dentro del proceso de su reparación.

Por eso animo a que abracéis esta profesión con ganas y con miras a un futuro profesional realmente atractivo y que sin duda está al alza.

Pedro Real
Director Técnico Coler 21 S. L.
Importador Car-o-Liner para España

Agradecimientos

La formación es la base de todo profesional, partiendo de esta premisa, y con el buen hacer diario, se van adquiriendo una experiencia y una destreza que hacen ser más eficaz al profesional.

Con el fin de ayudar a la formación de los futuros profesionales hemos realizado este libro. En el transcurso de su elaboración, hemos podido contar con la inestimable colaboración de personas y empresas que nos han proporcionado su apoyo técnico y, sobre todo, su ilusión por la formación. El resultado de esta colaboración es una obra documentada y actualizada que puede servir de referente para la formación de los futuros profesionales del sector y como libro de consulta a los profesionales actuales.

A todos, nuestro más sincero agradecimiento.

ARCELOR MITTAL ESPAÑA

ALAVA INGENIEROS

BMW IBÉRICA

BOSCH

CAR-O- LINER (COLER 21, S. L.)

CELETTE IBÉRICA, S.A.

CITROËN ESPAÑA

DATALINER (AUTO EXPERT)

EURONCAP (Programa Europeo de Evaluación de Coches Nuevos)

FIAT AUTO ESPAÑA

FORD ESPAÑA

MERCEDES-BENZ ESPAÑA

MOTORPRESS IBÉRICA

O.C.U. (Organización de Consumidores y Usuarios)

RENAULT

SEAT

TECNIPUBLICACIONES

TOYOTA

V.C.R. CODHE, S.L.

VOLKSWAGEN-AUDI ESPAÑA, S. A.

VOLVO



1

Carrocería: características, diseño, materiales y tipos de construcción

Contenido

Objetivos

- Conocer los condicionantes habituales que contemplan los fabricantes a la hora de abordar la fase de diseño de un nuevo modelo de vehículo.
- Conocer la secuencia lógica habitual que da como resultado la aparición de un nuevo modelo en el mercado.
- Conocer la diversidad y magnitud de las diferentes pruebas a las que se someten los vehículos antes de su comercialización.
- Identificar en líneas generales las prestaciones aerodinámicas de un vehículo cualquiera.
- Determinar la influencia en el comportamiento dinámico del vehículo de determinados aditamentos aerodinámicos que se le suelen añadir al vehículo.
- Analizar en términos comparativos los resultados obtenidos a través de la realización de las pruebas de choque (crash-test).
- Analizar las prestaciones y características constructivas más significativas en función de los materiales utilizados en la construcción de la carrocería.
- Conocer las características más significativas de los diferentes tipos de carrocerías.
- Identificar los componentes de la carrocería autoportante, con su denominación habitual.

1.1 Carrocería: características

A lo largo del tiempo, la carrocería ha experimentado una profunda evolución. Las exigencias iniciales en cuanto a rigidez dieron paso a un tipo de construcción integrada, basada en un elemento portante formado por un bastidor de doble viga unida con travesaños, al que posteriormente se acoplaba la carrocería propiamente dicha. En la actualidad predomina la estructura denominada "autoportante", en la que el chasis y carrocería están integrados en un solo elemento.



Figura 1.1. Estructura de una carrocería autoportante

Las carrocerías se diseñan tomando como base una estructura resistente suficientemente capaz de evitar las deformaciones producto de los siguientes esfuerzos estructurales:

- De tracción, provocados por la marcha del vehículo, sobre todo en las aceleraciones y frenadas.
- De flexión, provocados por el peso total soportado (pasajeros, carga, órganos mecánicos), en particular el que se aplica directamente sobre los ejes delantero y trasero.
- De torsión, provocados por el desplazamiento vertical de los ejes cuando el firme es irregular.
- De cizalladura, provocados sobre todo por impactos frontales y traseros sobre las ruedas.



Figura 1.2. Esfuerzos de deformación que sufre una carrocería

1.1.1. Concepto de energía cinética

Todos los objetos en movimiento adquieren una energía denominada cinética, como consecuencia directa de su masa y velocidad, según la siguiente expresión:

$$Ec = 1/2\ m\ v^2$$

Ec = Energía cinética

m = Masa

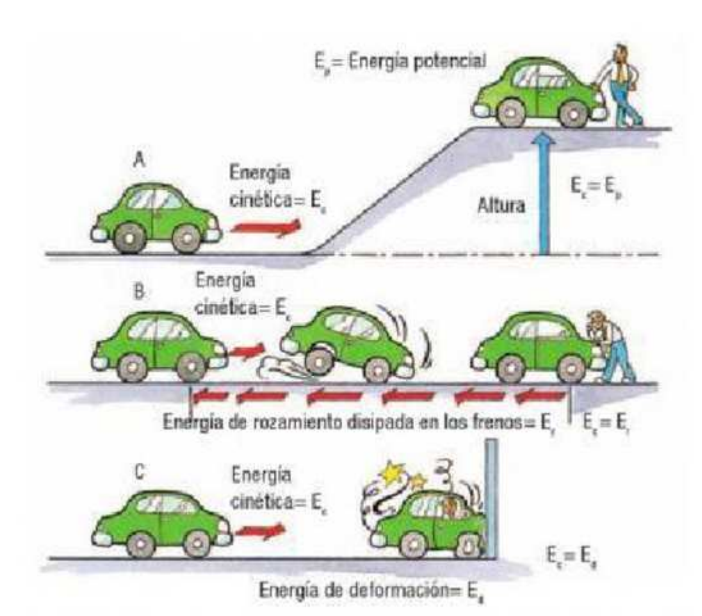
v = Velocidad

De ello pueden realizarse algunas consideraciones:

- Un vehículo que se desplace a la misma velocidad que otro, pero que tenga el doble de peso, tendrá el doble de energía cinética.
- Un vehículo igual a otro, pero que se desplace al doble de velocidad, tendrá una energía cinética cuatro veces mayor.

Partiendo del principio físico que dice: *la energía ni se crea ni se destruye, sino que sólo se transforma*, cuando el vehículo disminuye su velocidad o se detiene, esta energía cinética se transforma en otro tipo de energía, dependiendo del caso.

De ello se deduce que si la estructura del vehículo fuese altamente indeformable, en caso de impacto el choque sería mucho más violento, ocurriendo un efecto parecido al de las bolas de billar, los vehículos saldrían despedidos con direcciones y velocidades distintas, y, lo que es más importante, los ocupantes sufrirían bruscas aceleraciones y deceleraciones que les ocasionarían importantes lesiones internas y externas. Por tanto, es necesario dotar a las carrocerías de zonas de deforma-



A. Si la pérdida de velocidad se produce por subir una pendiente, la transformación se realiza en forma de energía potencial que el vehículo almacena.

B. Si se produce por la acción de los frenos, la transformación se realiza en forma de energía calorífica que se disipa al medio ambiente.

C. En el caso de choque, la energía cinética se transforma en energía de deformación de la carrocería.

Figura 1.3. Transformación de la energía cinética en un vehículo

ción programada para que se comporte como un muelle, es decir, a mayor capacidad de deformación, más capacidad de absorción de energía. Todo ello manteniendo una estructura unitaria de seguridad para los ocupantes, como es el habitáculo de pasajeros.

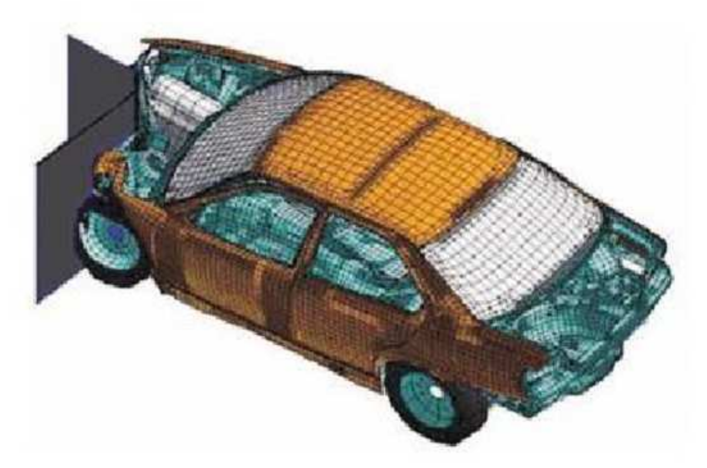


Figura 1.4. En caso de choque, la energía cinética se transforma en energía de deformación de la carrocería

1.1.2. Concepto estructural de la carrocería

Los vehículos actuales están diseñados para que se deformen lo máximo posible, conectando todos los elementos de la estructura para que transmitan el movimiento de unos a otros. En cuanto a concepción estructural se refiere, la carrocería es la encargada de soportar las fuerzas derivadas de la colisión y de evitar que la deceleración alcance a los ocupantes, al mismo tiempo que absorbe la energía. Para este fin, dispone de tres zonas claramente diferenciadas (en lo relativo a su comportamiento ante una colisión):

- Módulo delantero o frontal. Su misión es proteger a la zona central, transformando la energía que se genera en la colisión en energía de deformación y evitando de este modo su transmisión al interior del vehículo. La deformación en estas zonas se realiza de forma programada y progresiva, canalizando los daños.
- Módulo central. Forma el habitáculo de pasajeros. Esta es la zona más rígida e indeformable (en mayor o menor grado) de la carrocería para proteger a los pasajeros.
- Módulo trasero o posterior. Desempeña la misma función en caso de alcance o colisión trasera que el módulo delantero.

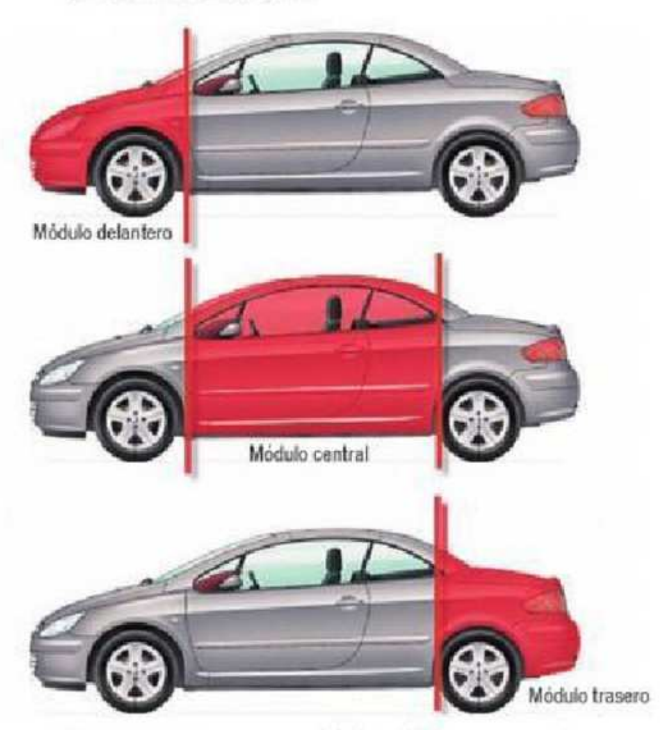


Figura 1.5. Zonas o módulos de la carrocería

1.1.3. Solicitaciones constructivas

Aunque cada uno de los tres módulos descritos cumple una función estructural diferenciada, su comportamiento debe analizarse como un solo conjunto a la hora de conseguir un óptimo diseño basado en los estudios y cálculos de las diferentes piezas de la carrocería (formas, secciones, tipo de material, proceso de fabricación, facilidad de reparación o sustitución, etc.), culminado todo ello con los ensayos prácticos de choque.

Como resumen de todo lo anteriormente expuesto se deduce que en la configuración de una carrocería autoportante deben tenerse en cuenta una serie de solicitaciones y criterios, además de los puramente estéticos, como: rigidez, vibraciones, durabilidad, facilidad de reparación, aerodinámica y comportamiento en caso de choque.

▶ Rigidez

Una estructura demasiado blanda es peligrosa para los ocupantes porque supone que el habitáculo de los pasajeros no se mantendrá intacto y sus ocupantes resultarán heridos; por el contrario, otra excesivamente rígida también lo es, porque si bien el habitáculo conserva su forma, los ocupantes se ven sometidos en caso de colisión a fuerzas inerciales muy elevadas (de hecho, la energía del impacto será transmitida directamente a los pasajeros en un período muy corto de tiempo, pues el coche apenas habrá empleado tiempo en deformarse). Es decir, el pasajero habrá soportado una deceleración muy grande, su cuerpo no se habrá detenido progresivamente, sino que habrá chocado contra el interior del coche, o contra su propio cinturón, casi con su velocidad inicial, con lo que se habrán soportado unas fuerzas extremas.



Figura 1.6. Estructura rígida de carrocería reforzada de una sola pieza

Para dar una idea de ello, en el caso de un impacto a 50 Km/h contra un muro rígido, la aceleración que sufren los ocupantes en un vehículo de estructura rígida será cinco veces superior a la que recibirían en un vehículo con estructura deformable, con lo que el cuerpo tendría que soportar en el primer caso 40 veces su peso. En algunos casos existe todavía la idea que "los vehículos más antiguos tenían la chapa más dura que la actual" y por tanto se comportaban mejor en caso de choque. Resulta obvio por lo anteriormente expuesto que ésta es una idea equivocada, ya que toda energía que no absorba la carrocería mediante su deformación programada se transmitirá hacia los ocupantes. En el caso de choque frontal entre dos vehículos de diferente tamaño (con un plan similar de deformación), cuanto mayor sea la diferencia de peso más afectado resultará el vehículo más ligero. Además, los vehículos de mayor tamaño suelen tener más espacio delantero y trasero para deformarse, garantizando mejor la integridad del habitáculo.

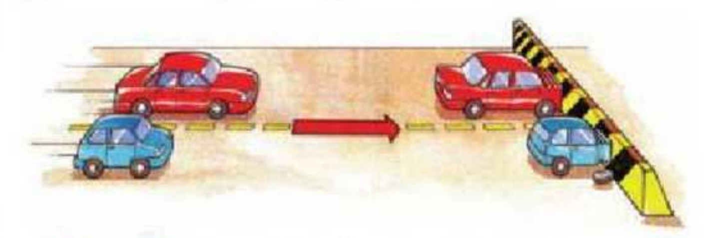


Figura 1.7. Comparativa de comportamiento en caso de choque

A nivel estructural, el chasis no debe retorcerse ni flexionarse sino en un grado mínimo, por el efecto de las fuerzas que actúan sobre el vehículo. Sólo de este modo se pueden evitar repercusiones negativas sobre el comportamiento (geometría de la suspensión y dirección). Asimismo, deben minimizarse las deformaciones elásticas que sufren las puertas y el capó y la tapa del maletero, a fin de garantizar un ajuste exacto (hermeticidad) durante la marcha. Unos elevados valores de rigidez torsional y de flexión se traducen en ventajas como:

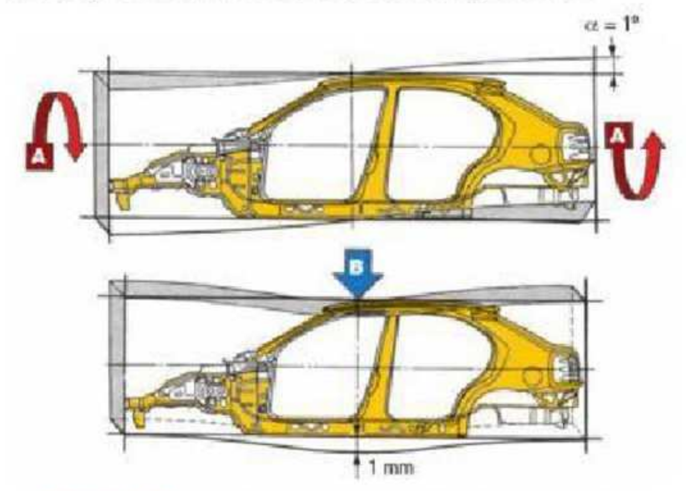


Figura 1.8. Esfuerzos de torsión y flexión que sufre una carrocería

- Menos vibraciones.
- Menos ruidos.
- Mantener la posición y tolerancias de ensamblaje en las puertas y capós.
- Más facilidad de conducción.
- Más resistencia a las roturas que se producen cuando se utiliza el vehículo por firmes irregulares.
- Mayor sensación de solidez del vehículo.

Vibraciones

Las vibraciones de la carrocería, así como las producidas por algunos componentes como la suspensión o el grupo motopropulsor, pueden disminuir el grado de confort, sobre todo si se produce resonancia. Para eliminar o disminuir estos efectos se recurre a diferentes soluciones:

- Los componentes susceptibles de vibración de la carrocería deben tener una estructura y geometría adecuada mediante acanaladuras, variaciones del espesor de pared y de las secciones transversales.
- Empleando materiales insonorizantes como planchas adhesivas o espumas de PU en cuerpos huecos.
- Utilizando tacos de goma y silentbloks para filtrar las vibraciones procedentes del tren de rodaje y el grupo motopropulsor.

Durabilidad

Para conseguir una estructura que mantenga inalterables sus características constructivas durante el mayor tiempo posible se utilizan diferentes técnicas:

- Una construcción sólida y estable que preste especial atención a los puntos de apoyo del tren de rodaje, la dirección y el conjunto de tracción, ya que son las zonas más expuestas al riesgo de provocar grietas en el bastidor o fallos en los puntos de soldadura debido a los esfuerzos de flexión y torsión principalmente.
- Utilización de materiales que no envejecen fácilmente.
- Una adecuada protección anticorrosiva.



Figura 1.9. Estructura sólida en los apoyos de suspensión, conjunto de tracción y dirección

Facilidad de reparación

Los elementos exteriores de la carrocería más expuestos a sufrir pequeños daños deben poderse reparar o sustituir fácilmente, sin ocasionar ninguna merma en la rigidez del conjunto. Para ello es importante que dichos componentes dispongan de una buena accesibilidad interior y a la zona o a los elementos de unión (tornillos, soldadura, remaches, etc.).

Aerodinámica

Este es un factor fundamental que condiciona en gran medida el proyecto de un vehículo. La correcta circulación del aire resulta decisiva a la hora de:

- Obtener una adecuada economía de consumo.
- Conseguir un buen comportamiento dinámico limitando el empuje ascensional a altas velocidades.
- Conseguir una adecuada evacuación del agua que salpica para evitar que ensucie las ventanillas, retrovisores, faros, etc.

Comportamiento en caso de choque

En caso de colisión, la estructura debe deformarse de un modo predefinido, transformando la máxima energía de choque (cinética) posible en trabajo de deformación.



Figura 1.10. Ensayos virtuales de deformación programada

En cualquier caso, la célula de pasajeros debe permanecer, a ser posible, intacta. La deformación programada retiene progresivamente el impacto y evita la transmisión de fuerzas a los ocupantes. Para ello, los largueros (delanteros o traseros) se deforman, se "arrugan" de forma programada en caso de colisión. Para que su deformación sea lo más adecuada, algunos fabricantes incorporan una serie de taladros o muescas que "dirigen" de forma estudiada esa deformación. Además, las carrocerías se construyen para evitar la intrusión de elementos mecánicos en el habitáculo de seguridad de los pasajeros. Para ello, una serie de piezas, como los pilares, forman junto con el techo una "jaula" protectora.

Asimismo, incorporan el denominado panel de fuego (separa el motor del habitáculo) y el panel trasero (tras los asientos posteriores). Las protecciones laterales evitan que la estructura del coche (muy cercana al pasajero) produzca daños en una colisión lateral. Se incorporan tres refuerzos: los travesaños del piso del habitáculo, los pilares y las puertas reforzadas mediante barras longitudinales o cruzadas en forma de aspa.

En relación con los dos últimos aspectos, tal y como se menciona en el proyecto de un nuevo modelo, hay varios conceptos como la aerodinámica y las pruebas de choque (crash test) que tienen una importancia capital en el desarrollo del mismo; ya que influyen de forma decisiva a la hora de definir el diseño y la puesta a punto de los requerimientos estructurales.

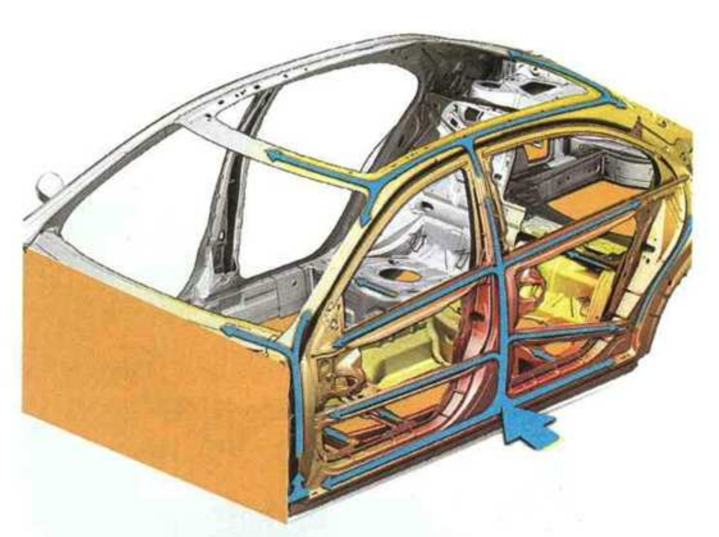


Figura 1.11. Distribución de la energía en un choque lateral, para mantener íntegro el habitáculo de ocupantes

1.2 Carrocería: diseño de un nuevo modelo

A la hora de proyectar un nuevo modelo, los fabricantes de vehículos deben conjugar de forma satisfactoria una serie de factores encaminados a obtener un producto que ofrezca una potencia significativa basada en una notable economía de consumo, y todo ello con una línea estética que refleje por un lado las tendencias del momento, armonizada, hasta cierto punto, con la imagen de la marca. Como factores determinantes a la hora de abordar el diseño de un nuevo modelo pueden citarse: la habitabilidad, el confort, la ergonomía, la aerodinámica y la seguridad. La importancia que cada uno de ellos tendrá en la concepción del vehículo, vendrá dada por la finalidad del mismo. En un vehículo deportivo, la carrocería está al servicio de las prestaciones (sacrificando habitabilidad a favor de aerodinámica y estética), en cambio, en un monovolumen lo que prima es la habitabilidad interior, pasando a un segundo plano las cualidades dinámicas del vehículo.

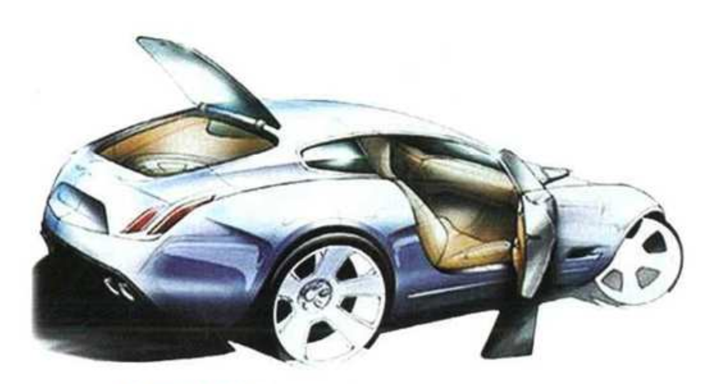


Figura 1.12. Boceto de un nuevo modelo

El ritmo de renovación de los modelos se ha acelerado y el diseño figura hoy, más que nunca, entre los principales criterios de compra, a pesar de que el estilo envejece más rápidamente que hace unos años. Actualmente, la vida media de un modelo no excede de 7 años, lo cual explica la necesidad de reducir plazos y costes de desarrollo. Este hecho obliga a conciliar objetivos aparentemente incompatibles: fabricar en plazos más breves y a menor coste modelos cada vez más diversificados y complejos.

Para intentar conseguir estos objetivos se recurre a diferentes estrategias, entre las que cabe citar:

- Optimizar las tareas de organización de todos los departamentos implicados en la elaboración de un nuevo modelo. Como ejemplo, algunos cons-

tructores han eliminado la organización de la producción basada en secciones cerradas en las que cada departamento intervenía de forma secuencial: diseño del producto por parte de la oficina de proyectos, puesta a punto de las técnicas y herramientas de fabricación (proceso) por el departamento de métodos, compra de productos a los subcontratistas, y a continuación la fabricación en serie. Los métodos más modernos tienden hacia la unificación en diferentes grupos de trabajo de los técnicos de las oficinas de proyectos, métodos y fabricación. Esta nueva organización permite detectar rápidamente cualquier problema que se presente en cualquiera de los tres temas mencionados, desarrollándose el proyecto en una simbiosis total.

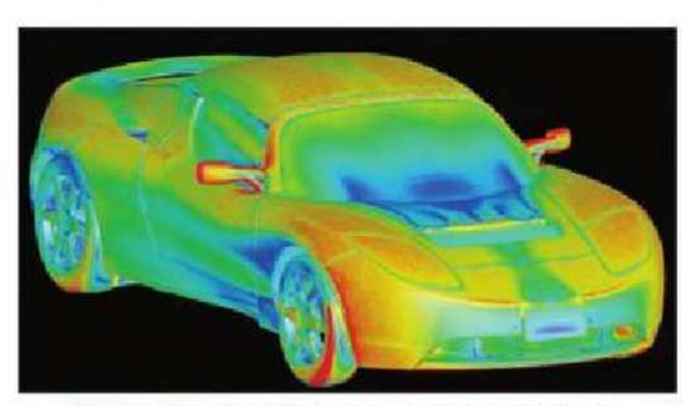


Figura 1.13. Estudio aerodinámico en el diseño

- Aplicación de nuevos conceptos y nuevas tecnologías. Actualmente los constructores se han convertido, ante todo, en diseñadores y montadores (aproximadamente el 70% del valor de un vehículo se fabrica fuera de las empresas constructoras).
- Reducción de los plazos de puesta a punto de un nuevo modelo (a unos tres años).
- Capacidad de innovación. En la actual competición entre constructores, la fuerza de una empresa reside en su capacidad para innovar más rápidamente que sus competidores, de hecho un constructor que sea el primero en producir un vehículo innovador (si el mismo corresponde a las expectativas del mercado) obtiene un crédito por esa originalidad que multiplica sus ventas. La imaginación conceptual asociada a los últimos desarrollos tecnológicos será, cada vez más, el elemento que produzca diferencias en el mercado. Su misión es anticipar las expectativas de los clientes e imaginar con anticipación el vehículo del mañana.
- Dada la gran diversidad de gustos de los consumidores, se suele diversificar la oferta a partir de un modelo base realizando varias versiones del mismo. Cada una de ellas responde a unas expectativas de mercado diferentes como: versiones familiares, deportivas, etc.
- Para reducir el tiempo de lanzamiento de un nuevo modelo y los costes de producción fundamentalmente, los fabricantes de vehículos suelen compartir plataformas de carrocería entre los modelos de la misma marca o grupo. De hecho, cuando se plantea desarrollar un nuevo modelo, los cambios a veces sólo se limitan a la carrocería, el interior y algunos detalles exclusivos. Por ello los procesos de diseño se hallan condicionados por la parte "reaprovechable" que se utiliza como punto de partida del nuevo modelo.

Por lo que respecta al proyecto de una carrocería propiamente dicho, además de la estética y funcionalidad



Figura 1.14. Carrocería con aspecto innovador en su diseño



Figura 1.15. Conceptos de seguridad y resistencia en el diseño de una carrocería

del diseño, se trata de conseguir una carrocería que sea aerodinámica, ligera, resistente y segura. Su diseño debe permitir que la resistencia del aire a la penetración del vehículo sea mínima (para que influya positivamente tanto en el consumo de combustible como en los ruidos del viento de marcha perceptibles en el interior), y tenga una buena estabilidad a elevada velocidad incluso con viento lateral. Todo ello encaminado a mejorar las prestaciones, economizar energía, y proteger a los ocupantes.



Figura 1.16. Modelo de carrocería en la que prima el espacio interior

La idea de la seguridad se encuentra en un primer plano a la hora de diseñar una carrocería. Aparte del objetivo de conseguir un aspecto atractivo del vehículo, el trabajo de los diseñadores se centra en el estudio de la deformabilidad de sus creaciones y en dotar a los habitáculos de una elevada estabilidad de forma.

En la actualidad puede decirse que en general los diseñadores se alejan de los diseños más "surrealistas" para situarse más cerca de la realidad, aunque esto no significa que hayan perdido la libertad creativa, sino que ahora la emplean para establecer nuevos conceptos de movilidad, funcionalidad, versatilidad y de ocio. La tendencia gira en torno a vehículos multiuso dotados de habitáculos cada vez más amplios y aprovechables, cuya concepción se realiza al revés de lo tradicional, es decir, sacrificando la forma externa de la carrocería para adaptarla al interior (construyendo el vehículo desde dentro hacia fuera).

Caso aparte merecen los ejercicios de diseño realizados por ciertos diseñadores de prestigio cuyas creaciones en el terreno de los vehículos con carácter deportivo o de ocio consiguen impactar tanto al público en



Figura 1.17. Vehículo monovolumen con amplio habitáculo

general, como a los fabricantes de vehículos, aportando en muchos casos soluciones técnicas imaginativas y novedosas. Algunas de las creaciones denominadas como "*Concep Car*" realizadas tanto por los "estilistas" como por los departamentos de diseño de los fabricantes de vehículos, sólo son ejercicios y propuestas de estilos de los diseñadores que pretenden crear una moda, estilo o tendencia adelantándose a los gustos del usuario y que no siempre se adaptan al mercado ni resulta factible su construcción.



Figura 1.18. Concept Car

En general, el diseño de las carrocerías debe responder a las exigencias del usuario, en comodidad, habitabilidad, versatilidad y estilo; de hecho, cuando se aborda el proyecto de concepción de un nuevo vehículo ha de partirse inicialmente del perfil genérico del mercado para el que se proyecta. Gracias a las encuestas de análisis sensorial que permiten convertir las preferencias de los automovilistas en datos cuantificables y a sondeos de comportamiento a través de los que se puede medir sus reacciones en diversas situaciones de conducción, es posible traducir una gran cantidad de nociones subjetivas experimentadas al volante de un automóvil bajo la forma de parámetros "objetivos" en la dinámica de un vehículo. Así pues, los métodos empleados permiten, en

la fase inicial del proyecto, adoptar las decisiones técnicas adecuadas en materia de arquitectura del vehículo y de trenes rodantes, garantizando el éxito de los objetivos establecidos en términos de prestaciones.

Tradicionalmente, a la hora de establecer los gustos y modas que condicionan la elección de un vehículo, pueden establecerse tres grandes áreas de población que marcan las tendencias de la demanda mundial y que presentan por tanto características propias en cuanto a definición conceptual se refiere:

- Zona europea.
- Zona norteamericana.
- Zona asiática.



Figura 1.19. **Tipos de automóviles que responden a gustos y funciones diferentes**

En Europa suelen predominar los vehículos compactos (berlinas) de estética discreta y colores sobrios (grises, azules, blancos), de cierto aire urbano adaptado plenamente a la circulación por carretera. El precio del combustible y la no excesiva abundancia de espacios abiertos determina el tamaño y la motorización media de un vehículo típico.

En Norteamérica en cambio, el precio más reducido del combustible, la existencia de amplios espacios abiertos, y el estilo de vida, determina un mercado en el que abundan las berlinas de gran tamaño y elevadas motorizaciones, los pick-up y los todoterreno.

En la zona asiática (en especial Japón) prefieren vehículos pequeños (especialmente todo terreno) de colores vivos, estética muy vanguardista, y un marcado carácter urbano, condicionado por la escasez de suelo libre.

No obstante, en cada zona de influencia cada país presenta rasgos diferenciales propios que influyen de manera notable en el mercado. Así, dentro de la zona europea podemos encontrar los gustos latinos por la estética aerodinámica, el equipamiento, y las elevadas motorizaciones que demanda su forma de conducir, en contraste con los centroeuropeos y nórdicos que prefieren los vehículos sobrios y sólidos en los que prima el factor seguridad y grado de protección anticorrosiva debido a las condiciones climáticas habituales.

En el proceso de puesta en marcha de un nuevo modelo se encuentran involucrados fundamentalmente, aspectos económicos, de plazos, producción, calidad y técnicos. El periodo de desarrollo cuenta con las siguientes fases y medios:

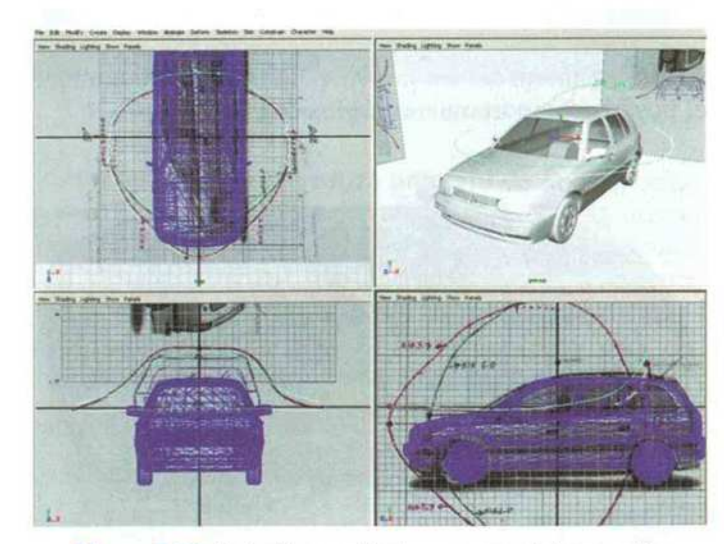


Figura 1.20. **Estudios preliminares en el desarrollo de un nuevo modelo**

- De ejecución del proyecto:
  - Estudios de viabilidad previa.
  - Estudios de viabilidad definitiva.
  - Ficheros de geometría 3D de piezas.
  - Ficheros de planos 2D de piezas.
  - Ficheros de planos 2D de conjuntos.
  - Pirámide gráfica (despiece).
  - Relación base.
- De verificación del proyecto:
  - Análisis modal de fallos y efectos.
  - Simulación (estructural y de estampación).
  - Taller piloto virtual.
  - Métodos operacionales de estampación.
  - Estudios de tolerancias, sistemas de ensamblaje y estudios de referencias.
  - Construcción de prototipos.
  - Experimentación.
  - Taller piloto de producción.
  - Medios de verificación de calidad.

Además del marketing, los fabricantes confeccionan un pliego de condiciones técnicas (elaborado por los responsables de fabricación) que se utiliza como punto de partida para el trabajo del diseñador y para analizar la viabilidad de un nuevo modelo. Este pliego suele incluir, entre otros informes, un análisis de los vehículos competidores existentes en el mismo segmento, las expectativas de los clientes, y las grandes corrientes socioculturales analizadas desde un punto de vista amplio, que supera el ámbito del automóvil, para tratar de determinar el posible comportamiento de los consumidores.



Figura 1.21. Definición gráfica de los aspectos que debe contemplar un pliego de condiciones

El pliego también define la motorización, la habitabilidad y la envergadura exterior, y establece además condiciones sobre la forma, proporciones y silueta de un nuevo modelo (la arquitectura) en base a las necesidades para ubicar adecuadamente el motor, suspensiones, ruedas, etc., lo que puede limitar en parte la libertad del diseñador para plasmar sus ideas en el nuevo modelo.

Teniendo en cuenta que cada constructor aplica su propio método secuencial en la ejecución del proyecto de un nuevo modelo, para el estudio del proceso en sí podemos partir de una secuencia típica en la que una vez establecido el pliego de condiciones, el proyecto se desarrolla en las siguientes fases:

- Concepción.
- Diseño.
- Creación de maquetas.
- Construcción de prototipos.
- Pruebas.
- Fabricación.
- Necesidades de fabricación de la carrocería.

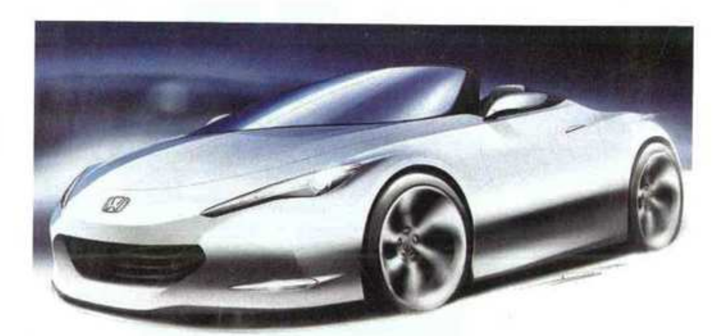


Figura 1.22. Boceto para el estudio de un nuevo modelo

1.2.1. Fase de concepción

El primer paso importante en la creación de un automóvil es la propia definición estética del modelo tanto en su aspecto externo como interno, pues de su acierto dependerá que el futuro vehículo atraiga el interés de los clientes.

En esta fase se realizan los primeros bocetos a partir de dibujos a mano utilizando instrumentos clásicos de dibujo como: lápices, reglas, plantillas de formas curvas, etc. El trabajo culmina con la aprobación del mejor boceto propuesto, que normalmente será aquel que con más alta nota haya superado los más duros exámenes críticos, técnicos y sobre todo, de viabilidad y facilidad de construcción.

A continuación los diseñadores determinan las dimensiones del vehículo (prestando especial atención al interior del mismo). Para ello, se divide el vehículo en tres zonas diferenciadas: zona motor, zona de ocupantes o habitáculo de pasajeros, y zona de maletero.

Seguidamente se plasman las dimensiones sobre cuadrículas de papel, mostrando la disposición de los ocupantes con diferentes alturas de los mismos, prestando especial atención al posicionamiento de los asientos que se calcula en función de condicionantes ergonómicos y con ayuda de plantillas principalmente.

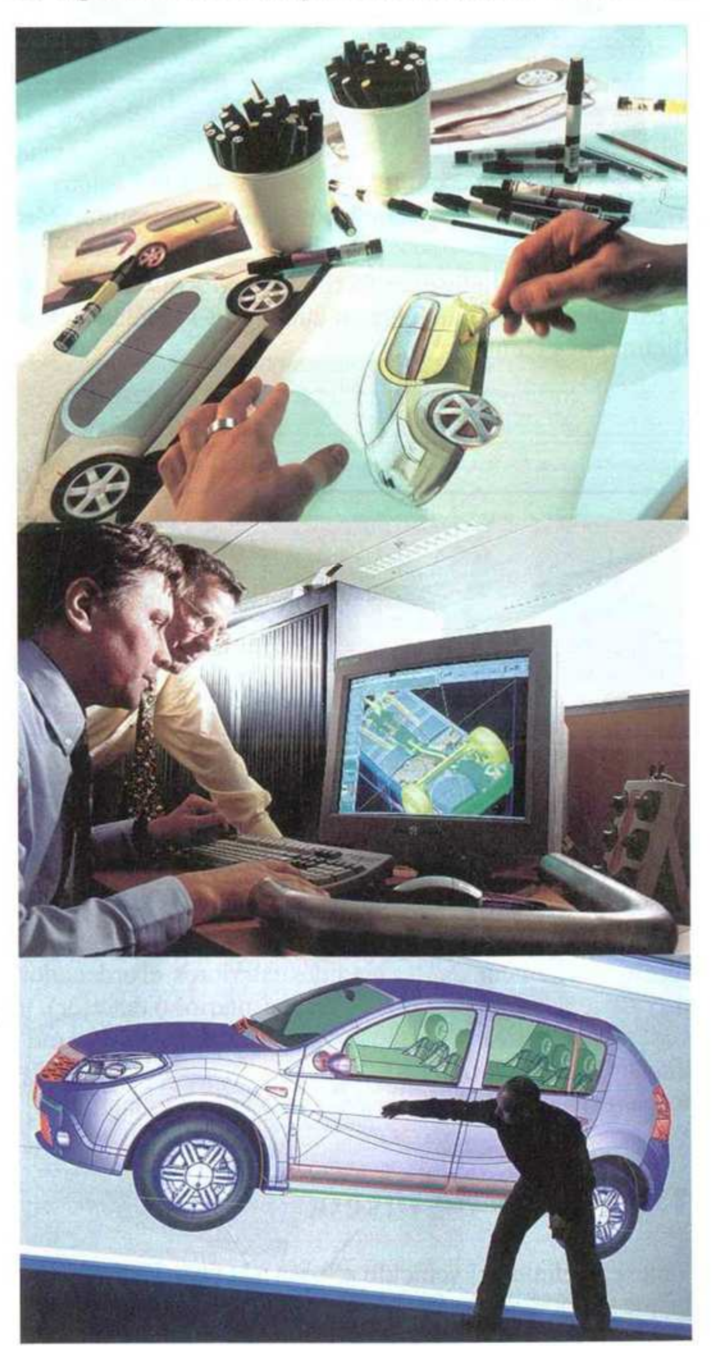


Figura 1.23. **Definición de un nuevo modelo**

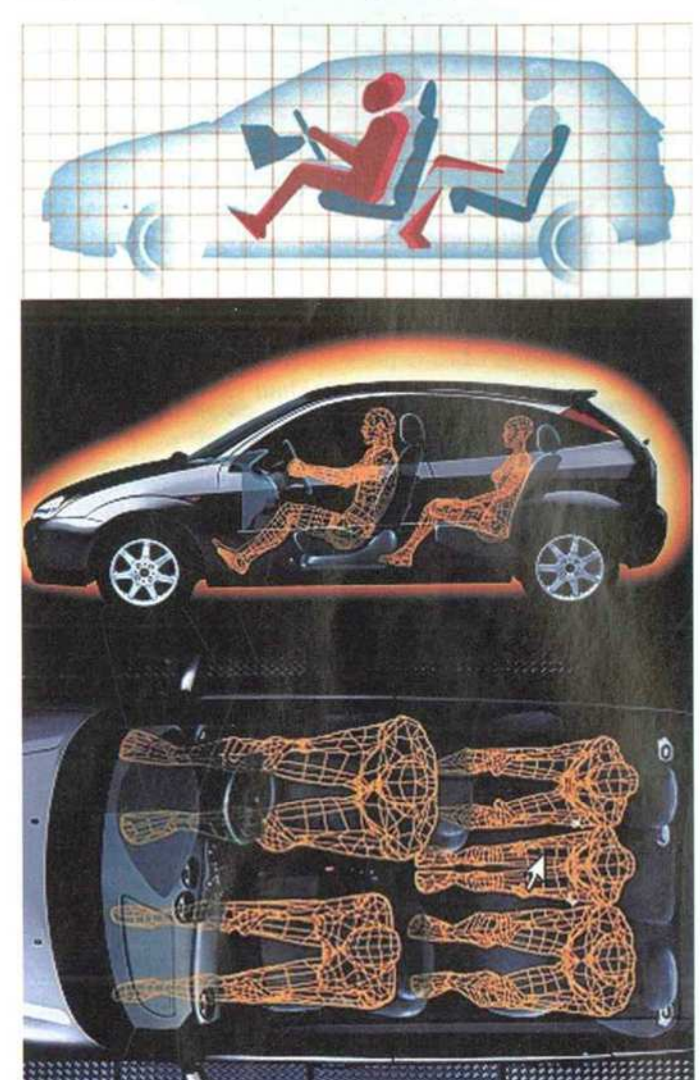


Figura 1.24. **Estudio ergonómico del habitáculo**

Posteriormente se realiza un perfil de la carrocería; y por último, se realiza el diseño exterior de la misma (con ayuda del ordenador), atendiendo a los siguientes criterios: dimensiones totales del vehículo, dimensiones del habitáculo de pasajeros, volumen del maletero, y coeficiente aerodinámico.

Para el cálculo inicial de las medidas exteriores de la carrocería, entre otros factores suelen tenerse en cuenta:

- Las exigencias aerodinámicas.
- La ergonomía del puesto de conducción, concepción de los asientos y del maletero.

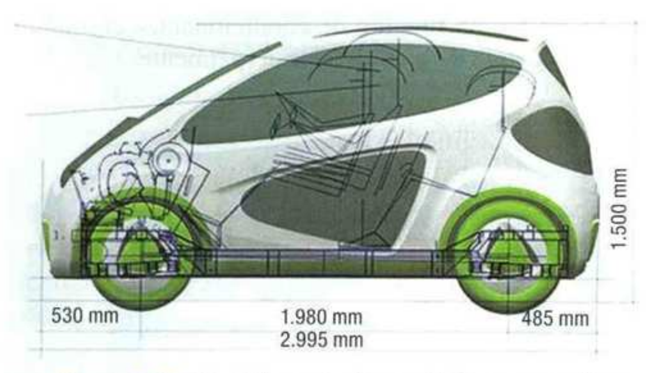


Figura 1.25. Medidas exteriores de la carrocería

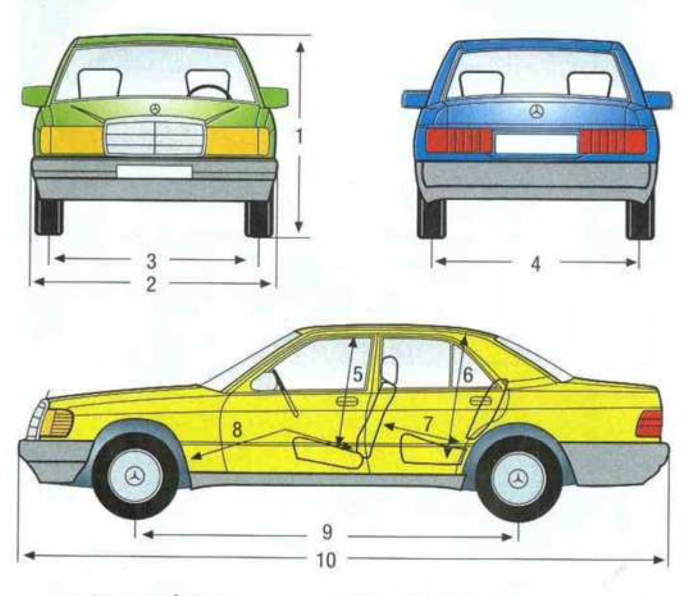


Figura 1.26. Medidas del vehículo

- La altura libre de la carrocería sobre el suelo.
- La posición y el tamaño del depósito de combustible.
- Las necesidades de espacio de las ruedas (debe permitir el recorrido de la suspensión, el ángulo de giro, y el espacio para montar cadenas de nieve).
- El tamaño y disposición de los paragolpes delantero y trasero.
- El tipo y emplazamiento de los órganos mecánicos: motor, radiador, cambio, suspensiones, etc.



Figura 1.27. Estudio ergonómico del puesto de conducción

Para iniciar la fase de diseño de las formas interiores y exteriores, deben tenerse en cuenta los siguientes condicionantes técnicos:

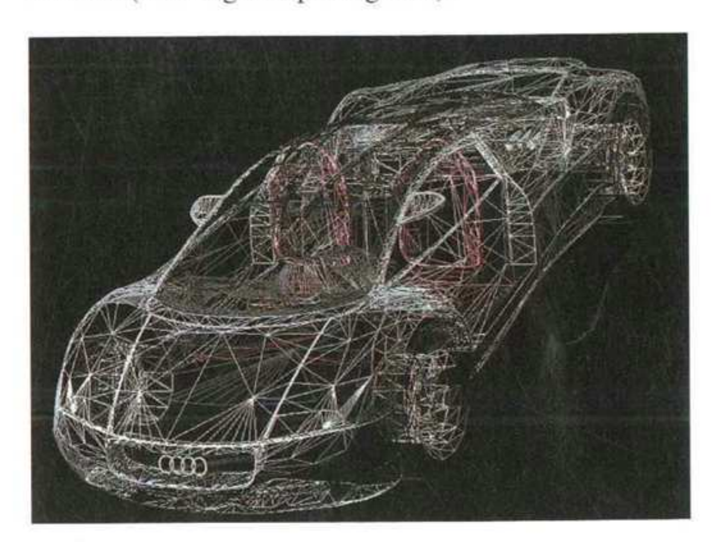
- Condiciones de visibilidad. Debe prestarse atención al diseño y disposición de los montantes, techo, capó motor, y tapa o portón de maletero, para disponer de un campo de visión adecuado. Asimismo, hay que tener en cuenta la disposición, tamaño y forma del espejo retrovisor, proporción de curvatura del parabrisas, el campo barrido por los limpiaparabrisas, entre otros factores.
- Funciones mecánicas. Deben poder bajarse los cristales laterales, apertura del capó motor y tapa trasera, los techos corredizos, reglaje de las luces, etc.
- Posibilidad de fabricación y facilidad de reparación.
- Condiciones de seguridad. Establecimiento de un plan de deformación programada, forma y disposición de los refuerzos y paragolpes, eliminación de aristas, etc.

Una vez calculadas las medidas exteriores, el ordenador proporciona una visión del vehículo (interior o exterior), y cada parte constituyente del mismo, de tal manera que mediante un análisis detallado el diseñador puede introducir todas las modificaciones que se estimen oportunas.

1.2.2. Fase de diseño

Una vez definido el vehículo se pasa a la fase de diseño, en la que se emplean medios altamente sofisticados que adoptan diferentes denominaciones como: (DAO) "diseño asistido por ordenador", (CAO) "concepción asistida por orde-

nador", (CFAO) "concepción y fabricación asistida por ordenador", o (CAE) "ingeniería asistida por ordenador. En la actualidad, son varios los programas más utilizados en la industria del automóvil: Catia, Cadd5, Unigrafics, Ideas, Pro-Enginier, Ramsis, etc. Mediante estos desarrollos informáticos se sustituyen las maquetas físicas por maquetas numéricas a partir de los parámetros geométricos obtenidos en la fase de concepción del vehículo. Para ello, los proyectistas hacen uso de potentes ordenadores, rápidos y de gran capacidad de cálculo, por medio de los cuales se evitan largas horas de trabajo, enorme cantidad de cálculos matemáticos, y costosas operaciones de pruebas preliminares; como ejemplo el Tecnocentro de Renault cuenta con cuatro supercalculadores "Cray", 5.000 ordenadores (de los cuales 1.000 son estaciones gráficas de DAO y de cálculo) conectados a 80 servidores, 3.000 microordenadores y 500 impresoras, todo ello conectado a través de cables de fibra óptica que constituyen redes de muy alto caudal de datos (100 megabits por segundo).



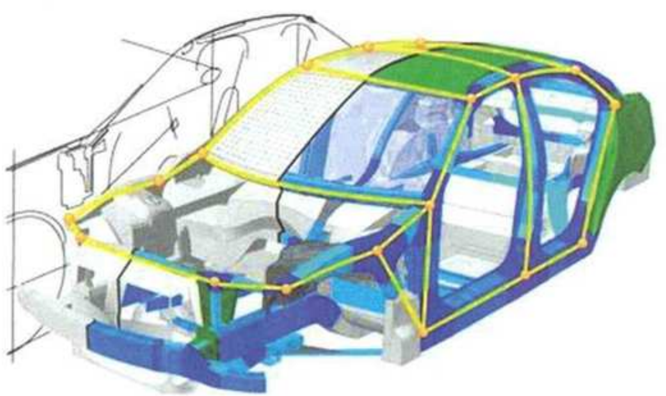


Figura 1.28. Diseño asistido por ordenador

Como norma general un buen diseño debe reunir las siguientes características:

- Resultar lo más atractivo posible.
- Que la transición a la fase de fabricación resulte lo más fácil posible.
- Debe garantizar una alta funcionalidad y una larga vida útil.
- El número de piezas constituyentes debe ser el mínimo posible y su desglose debe resultar sencillo.
- Tener un alto número de piezas aprovechables para otros modelos.
- Utilizar el mayor número posible de piezas reciclables (ajustándose o superando la normativa vigente en esta materia).
- Ofrecer una buena relación calidad/precio.



Figura 1.29. Imagen tridimensional de la carrocería

Desde las primeras fases de estudio, la simulación digital permite optimizar la arquitectura de la carrocería con un mejor reparto de los esfuerzos. Así la imagen de síntesis permite la representación tridimensional de cualquier elemento o estructura, mediante una red de puntos o "mallado".

A través de este método de trabajo el diseñador puede ensayar diferentes soluciones técnicas, simular el funcionamiento de cada pieza, introducir modificaciones, ensamblar piezas virtualmente e integrarlas en el sistema al cual van a pertenecer analizando su compatibilidad. Ofrece además la gran ventaja de que, por medio de dicho entramado, se puede visualizar el desplazamiento

elástico de la materia, cuando ésta es sometida a una hipótesis de carga, permitiendo predecir el comportamiento de la carrocería ante una colisión.

Una de las últimas innovaciones en el diseño de vehículos consiste en la utilización de técnicas de realidad virtual. Estos procesos de diseño ofrecen la posibilidad de concebir nuevas formas de acortar los ciclos de desarrollo de vehículos, una mejora en el control de los costes y una mayor creatividad. Básicamente este tipo de instalaciones son habitaciones en forma de cubo, equipadas con proyectores de vídeo, superordenadores para el procesamiento de imágenes en tiempo real, gafas estereoscópicas, sistema de sonido y un sistema de navegación para crear la ilusión de inmersión total en un entorno virtual. Con ello, los ingenieros y diseñadores tienen la posibilidad de visualizar e interactuar con el diseño creado en tres dimensiones.

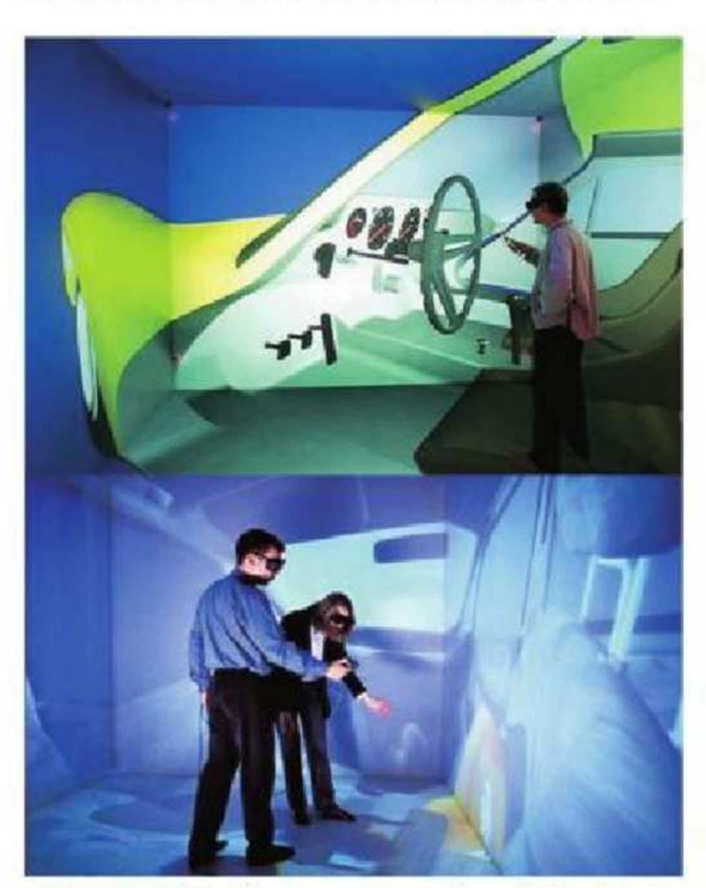


Figura 1.30. Diseño en un entorno de realidad virtual

Los cálculos para la estructura

Dado lo extenso y complicado que puede resultar el campo del cálculo de estructuras, a continuación se cita de forma muy resumida su aplicación en el desarrollo de un nuevo modelo.

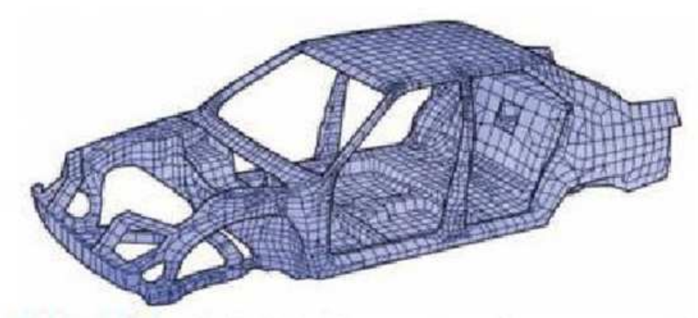


Figura 1.31. Modelo digital de estructura de una carrocería

El principio universal en el cálculo de estructuras se basa en el hecho de que las deformaciones resultantes son proporcionales a las tensiones aplicadas. En este sentido, los modelos matemáticos son los primeros que aclaran a los proyectistas las ideas sobre cómo será, en los detalles, un nuevo modelo. Los cálculos matemáticos entran en juego inmediatamente, incluso antes de que un prototipo haya sufrido ni siquiera un rasguño. En esta fase el ordenador es un aliado valioso, de hecho con su ayuda se puede dirigir el proyecto de la mejor manera posible, tomando las decisiones oportunas a través de simulaciones experimentales que ponen a punto la estructura del nuevo modelo para que pueda absorber la máxima energía sacrificándose en defensa de los pasajeros Por todo ello la estructura se plantea y calcula completamente con el ordenador.

Para determinar las características estáticas, dinámicas, y también acústicas de la totalidad de la carrocería se recurre tradicionalmente al método de integración de *elementos finitos*.

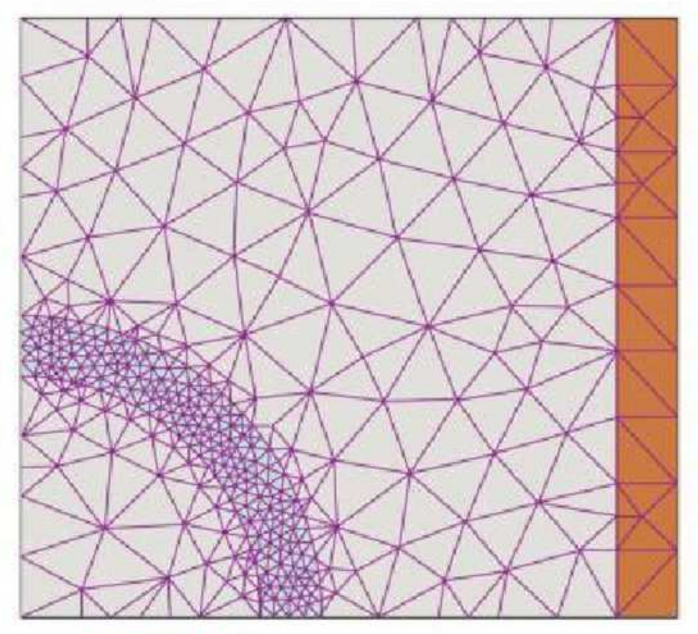


Figura 1.32. Ejemplo de pieza descompuesta en un mallado 2D (elementos finitos)

El concepto de elementos finitos se basa en la idea fundamental de descomponer cualquier cuerpo tridimensional en figuras geométricas simples, o dicho de otra forma, cualquier sistema portante complicado en elementos estructurales sencillos (vigas, cubiertas y elementos de volumen), cuyos comportamientos elásticos son conocidos y fáciles de formular matemáticamente.

Habitualmente los elementos o piezas suelen descomponerse en triángulos (que es el elemento finito más sencillo que se conoce) cuyos tres vértices presentan coordenadas espaciales y que, fruto de las tensiones aplicadas, se desplazan en el espacio, haciendo que los vértices de los triángulos adyacentes vuelvan a desplazarse y así hasta que la tensión producida en cadena se anula. Estos bloques estructurales (elementos), después de ser evaluados con respecto a sus condiciones de carga se integran todos en la estructura total. Con ello es posible construir un modelo que represente fielmente las propiedades elásticas de la pieza real. El proceso puede resumirse en los siguientes pasos:

- En primer lugar se realiza una discretización finita de la pieza, consistente en dividirla en trozos muy pequeños a los cuales se pueden aplicar las ecuaciones clásicas de comportamiento elástico-resistente en función de la geometría, cargas y propiedades del material.
- Una vez realizado este mallado se aplican cargas exteriores en algunos de esos pequeños elementos y se estudia cómo se deforman y cómo pasan las cargas a sus inmediatos adyacentes, y éstos a su vez a los siguientes y así sucesivamente. Las cargas aplicadas suelen ser: longitudinales (frenada-aceleración), verticales (propio peso del vehículo), esfuerzos de torsión (rigidez torsional, flexión lateral) y módulos propios (vibraciones-resonancia).
- De este modo se puede analizar la deformación macroscópica de la pieza, y los puntos en los que el esfuerzo es crítico, y por tanto susceptible de producir rotura.

Para realizar estos cálculos se utilizan programas de integración de elementos finitos FEM (Finite Element Method). Algunos de los más utilizados son NASTRAN, I-DEAS, ANSYS, COSMOS, COMSOLETC, etc. De esta manera se puede visualizar el efecto de cualquier tensión aplicada en un punto determinado, obteniendo deformaciones, oscilaciones, distribuciones de las tensiones, y trabajos de variación de forma (valores aislados o gráficos). Un proyecto de carrocería puede dividirse en más de 10.000 elementos con unas 40.000 variables.

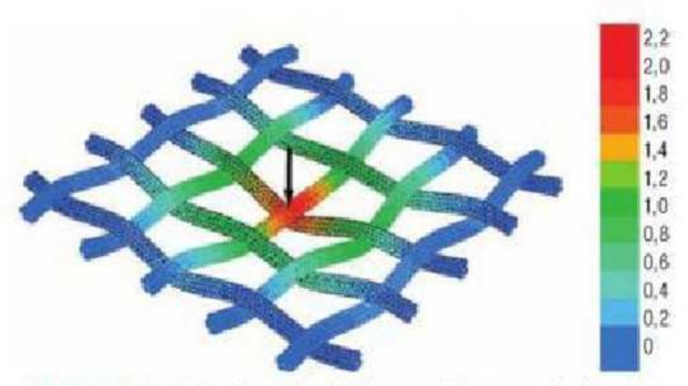


Figura 1.33. Cálculo de la deformación por el método de elementos finitos

Las ventajas que ofrece la utilización del método de los elementos finitos se centran fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- Posibilidad de determinar procesos de carga invisibles (transmisión de fuerzas, concentraciones de esfuerzos) en estructuras complicadas (como es el caso de la carrocería).
- Calcular variables como: grueso de chapa, refuerzos, materiales, etc.
- Posibilidad de incorporar materiales compuestos.

Por el contrario, entre las limitaciones que presenta la utilización de este método pueden citarse:

- La exactitud depende del tipo de elemento, de su número y de su distribución en la estructura.
- Las variaciones entre el grueso de la chapa calculado y el real, una vez laminada y embutida, debido a la anisotropía* de los distintos materiales.
- Dificultad para estimar exactamente las uniones soldadas.

▶ Cálculo de la resistencia

El estudio concreto de cálculo de estructuras consiste, a grandes rasgos, en calcular la relación entre fuerza y desplazamiento para cada elemento componente de la estructura. Una vez realizado dicho estudio, a continuación se procede al ensamblaje del conjunto de elementos, en el que, inevitablemente, se debe establecer el equilibrio de fuerzas en cada punto de unión (es evidente que

* Propiedad de ciertos materiales de presentar características físicas (elasticidad, índice de refracción, etc.) diferentes para cada dirección. Los cuerpos anisótropos son casi todos los de estructura cristalina y las sustancias fibrosas.

ese equilibrio existe, pues en caso contrario la estructura se rompería). Como ejemplo, en cada punto de unión de una estructura de dos o más barras, por el efecto de acción y reacción, hay equilibrio entre las diferentes fuerzas de tensión y compresión de los momentos. Gracias a esta necesaria igualdad de fuerzas para mantener los equilibrios, se pueden encontrar las incógnitas o variables desconocidas.

Además de las tensiones causadas por sistemas de sujeción y cargas suspendidas, que se calculan por el método de los elementos finitos, hay ciertas piezas del vehículo como montantes, travesaños y paragolpes, que se encuentran sometidas frecuentemente a cargas de flexión o torsión. En estos casos resulta adecuado utilizar los programas de cálculo de secciones. Para realizar estos cálculos se descomponen en elementos las secciones de paredes más finas de las piezas y se determina el grueso de chapa apropiado. Con ello, entre otros resultados se obtendrán las superficies de las secciones, los momentos de inercia y los momentos resistentes.

Cálculo del comportamiento ante las colisiones

Hasta hace bien poco, los estudios que realizaban los fabricantes en los ensayos de accidentes para la puesta a punto del proyecto (choques frontales, traseros, laterales, o vuelcos), se encontraban dificultados en gran medida por las grandes deformaciones plásticas que se producen (debido a su fuerte carácter no lineal y dinámico). Por ello, los estudios de las partes principales de la estructura se realizaban mediante cálculo de secciones, cálculo de modelos y ensayos de estructuras parciales, cuyos resultados se comparaban con grupos constructivos de carrocerías que ya estaban comprobadas.

En cambio, hoy en día el uso del ordenador y de sofisticados instrumentos de cálculo permiten realizar ensayos virtuales de colisiones en los que se ejecutan mega operaciones de cálculo en nanosegundos, que por una parte permiten dar el planteamiento correcto al vehículo sin haber destruido ni siquiera un solo prototipo, y por otra hacen más evidente la interpretación de los datos experimentales a lo largo de todo el desarrollo del vehículo, facilitando las modificaciones de perfeccionamiento y puesta a punto del proyecto.

En la realización de crash-test virtuales se utilizan los modelos matemáticos tridimensionales del vehículo, dividiendo la estructura portante de la carrocería en elementos finitos (acabados) los FEM (mencionados anteriormente), cada uno de los cuales tiene definido con

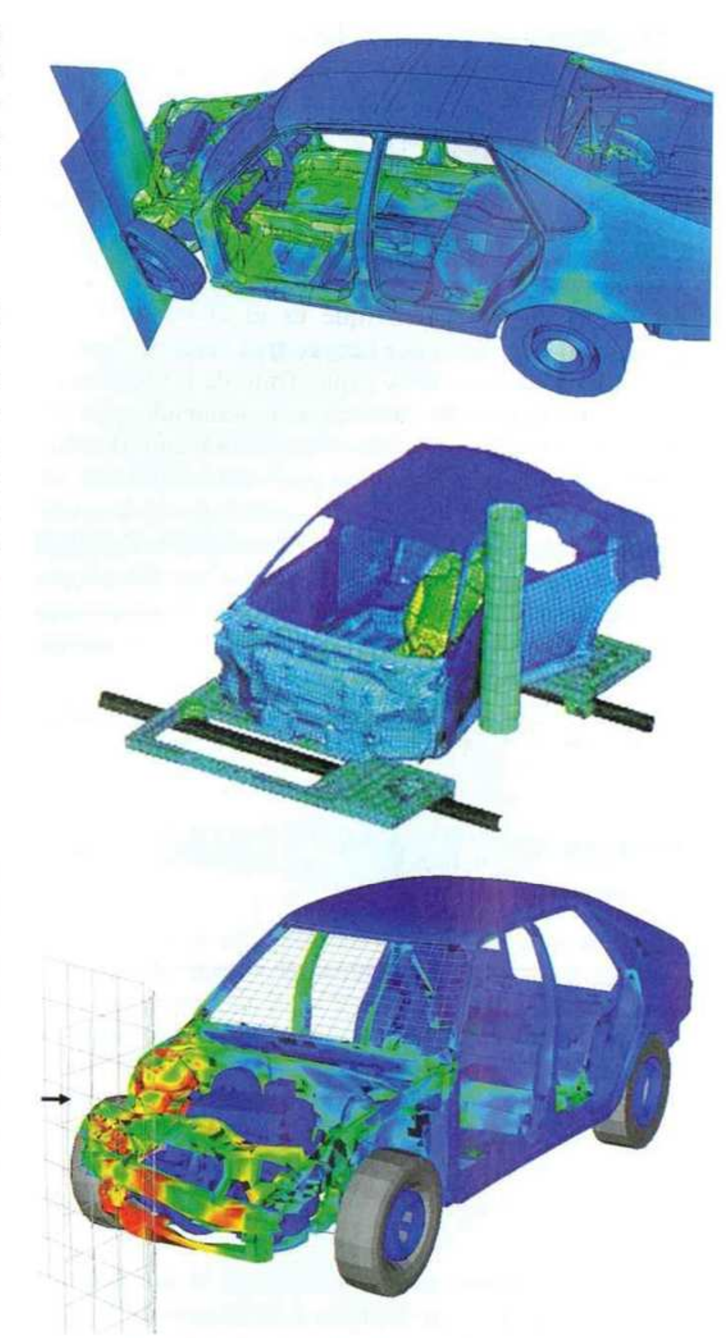


Figura 1.34. Cálculos del comportamiento de la estructura en una deformación

anterioridad su comportamiento cuando se le aplican determinadas fuerzas, y que sirven de base para los cálculos simulados al dividir en unos 100.000 pasos el rapidísimo fenómeno de la deformación durante un choque y el movimiento de los pasajeros, para asegurar la máxima exactitud de los resultados.

Si se aplica sobre una zona del vehículo virtual una fuerza dada (equivalente a un choque), se inicia una re-

acción en cadena en la que cada área se deforma según los cálculos anteriores y transmite fuerza a las que están en contacto con ella. De esta forma es posible determinar cuál ha sido la deformación total del vehículo. De esta manera, las simulaciones virtuales de crash-test, completadas con pruebas reales, permiten validar las dimensiones y el comportamiento por separado de ciertos elementos de la carrocería tales como los largueros, el travesaño delantero, las traviesas bajo el asiento, el travesaño del techo, etc.

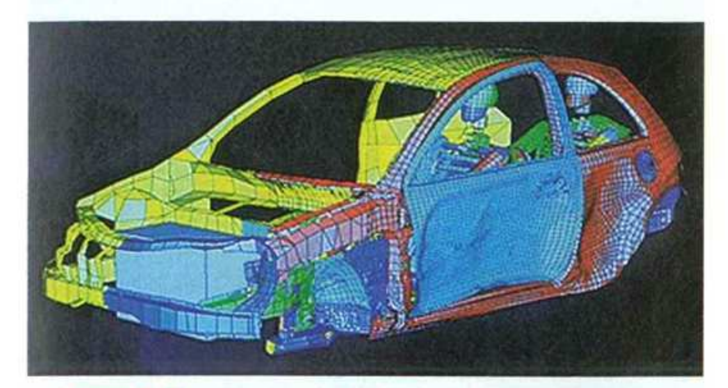


Figura 1.35. Cálculos de los efectos en la estructura tras una deformación



Figura 1.36. Simulación en fases de una deformación producida por un choque

1.2.3. Fase de creación de maquetas

La siguiente fase consiste en "dar volumen" al dibujo. Como resultado del estudio anterior se construyen maquetas de escayola, arcilla, plastilina, o materiales sintéticos; primero a escala 1:5 y luego a tamaño natural. Las maquetas a escala reducida se utilizan normalmente para buscar las proporciones de soporte con el fin de estudiar los detalles del tratado de volúmenes. En esta fase, el diseñador determina la agresividad de las formas curvas, afirma las líneas direccionales, determinando el volumen en todos sus aspectos. La fabricación de maquetas a escala, permite analizar su comportamiento aerodinámico, así como obtener una referencia directa para seleccionar las ideas que se llevarán a la práctica.

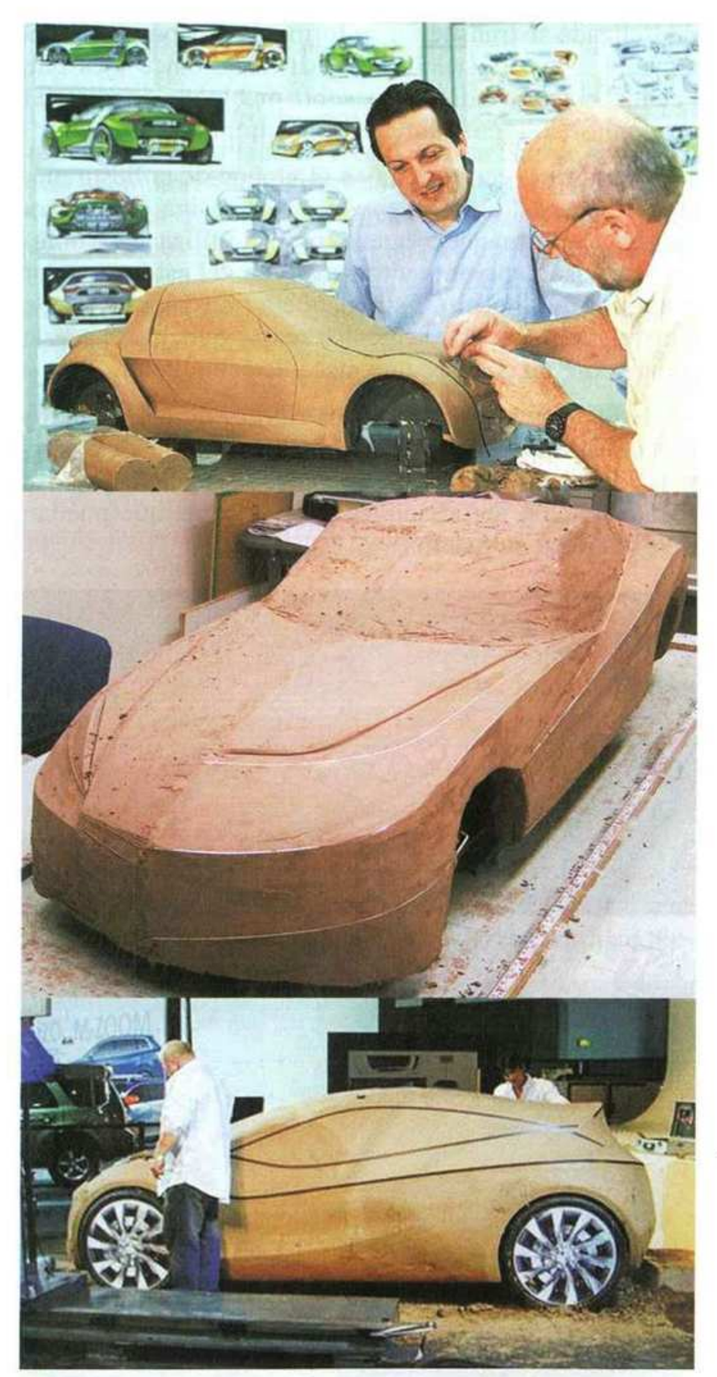


Figura 1.37. Creación de maquetas modeladas en arcilla

Como resultado de todo este estudio se obtiene la maqueta virtual definitiva, que define numéricamente el diseño para establecer el plan de forma del primer prototipo. Para ello, con una máquina calibradora tridimensional se anota la posición en el espacio de unos 10.000 puntos en la carrocería y se introducen todas sus secciones en la memoria. Hoy en día, cuando se acaba la fase de diseño, los datos anteriores plasmados en un plano

digitalizado se transfieren en forma de órdenes de un ordenador a una fresadora automática de cinco ejes que "clona" el modelo diseñado, sobre un bloque de material termoplástico (generalmente poliestireno).

A la forma conseguida en el bloque de poliestireno, suele "sacarse" un molde exterior de resina epoxi para construir una maqueta hueca, que se utiliza para obtener una visón conjunta y transparente del estilo exterior e interior del modelo. Esta maqueta transparente puede acristalarse como los vehículos reales e incluso hacerla rodar sobre un chasis y una mecánica simulada.

Estas maquetas sufrirán los rigores de los primeros test de aerodinámica en el túnel de viento para confirmar los cálculos efectuados sobre el papel respecto a su penetración aerodinámica o las fuerzas que puedan desestabilizar su marcha.

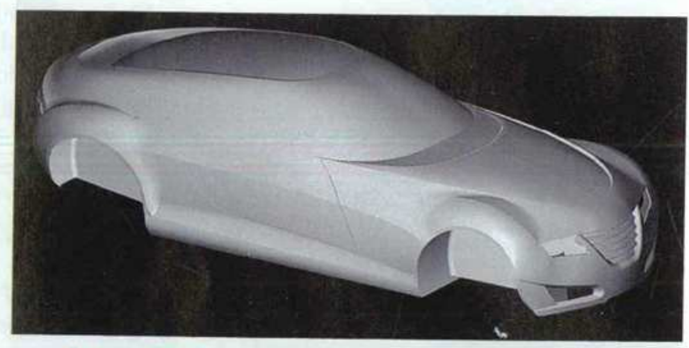


Figura 1.38. Maqueta "clonada" en poliestireno



Figura 1.39. Maqueta en resina epoxi

1.2.4. Fase de construcción de prototipos

En esta fase se requiere la máxima precisión, ya que el transportar los datos del plano al modelo resulta imprescindible y para ello se emplea la tecnología más moderna.

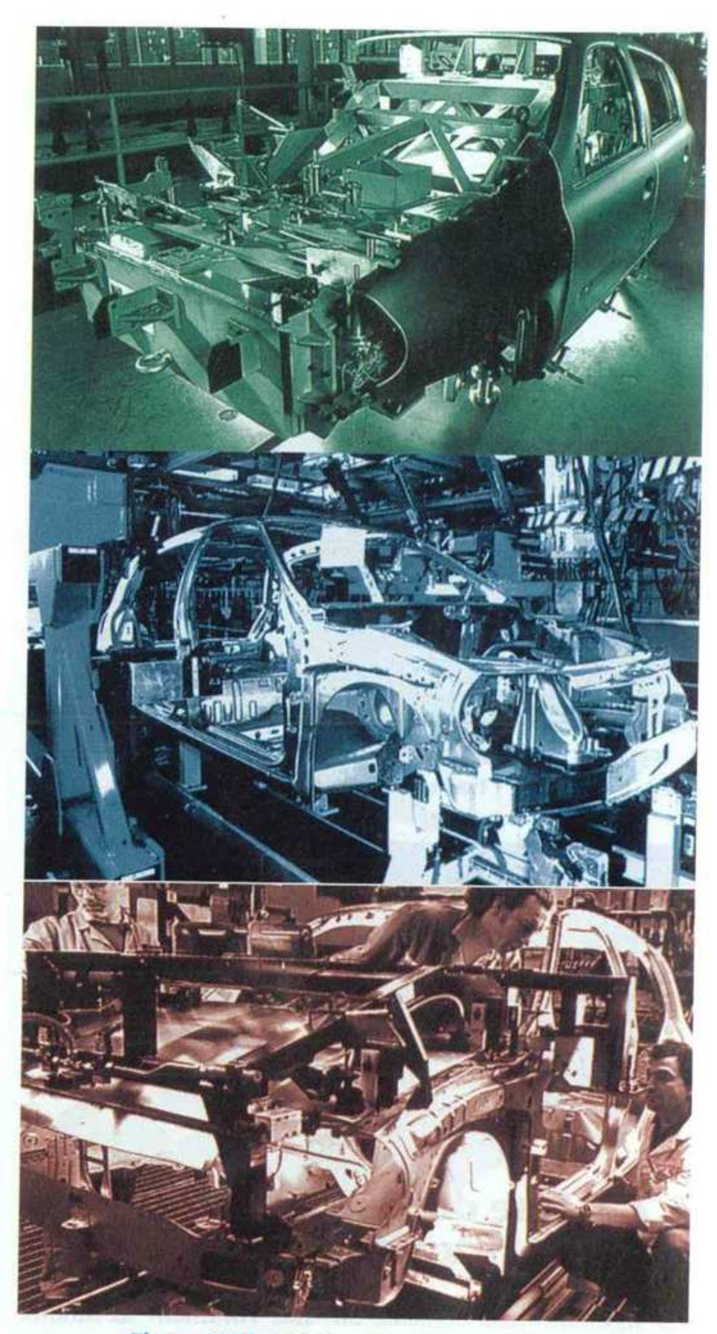


Figura 1.40. Fabricación de prototipos

Los prototipos suelen montarse en instalaciones específicas (talleres piloto) utilizando prensas de estampación de 650 toneladas, talleres de fresado y salas para ensamblaje de carrocerías y montaje del vehículo completo. En esta fase se definen las matrices, los moldes y el utillaje necesario para la construcción. Aunque la fabricación de las distintas piezas se realiza ya por robots y maquinaria sofisticada, los primeros prototipos se montan a mano e incluso las soldaduras se realizan de modo tradicional, es decir, manualmente.



Figura 1.41. Taller de prototipos

Esto sirve para ir calibrando los ajustes finos de cada una de las máquinas, a la vez que permite corregir los pequeños defectos que pudieran producirse.

En la fase de construcción de los prototipos se analizan en profundidad hasta los detalles más insignificantes, prestándose especial atención al control geométrico de la carrocería.

Como resultado de todo ello se determina el proceso de estampación más idóneo, se ultiman los útiles de las prensas (matrices), a la vez que se realizan los estudios de tolerancias, de referencias, sistemas de unión, y se regulan los equipos de ensamblaje.

1.2.5. Fase de pruebas

Una vez fabricado el prototipo, se inician una serie de pruebas para analizarlo a fondo. Por un lado se comprueban los motores sometiéndolos a ensayos acústicos y de vibraciones. Por otro, los materiales se controlan con microscopios electrónicos y equipos de metalurgia, y se comprueba la resistencia a la fatiga de algunos elementos en complejos bancos hidráulicos. El modelo también pasa por una prueba de seguridad para comprobar su rigidez estructural. En las pruebas climáticas se le somete a extremas condiciones de temperatura, que van desde los 40 grados bajo cero hasta los 180 grados. En la fase de laboratorio también se comprueba la resistencia de la carrocería frente a la corrosión introduciéndola en cámaras húmedas, cálidas y salinas, y se simulan climas polares, tropicales, etc.

Unas de las pruebas más significativas e importantes para los fabricantes son las que hacen referencia al medio ambiente, en las que se verifican las emisiones de gases y se analizan los materiales empleados pensando en su posterior reciclaje. La ergonomía del puesto de conducción, el confort y aspectos como la sonoridad que llega al habitáculo procedente del exterior o la forma y mullido de los asientos, sin olvidar la textura y color de los materiales que recubren el habitáculo, siguen el mismo proceso. También tienen lugar en este punto del desarrollo los ensayos de golpes, y la seguridad tan-





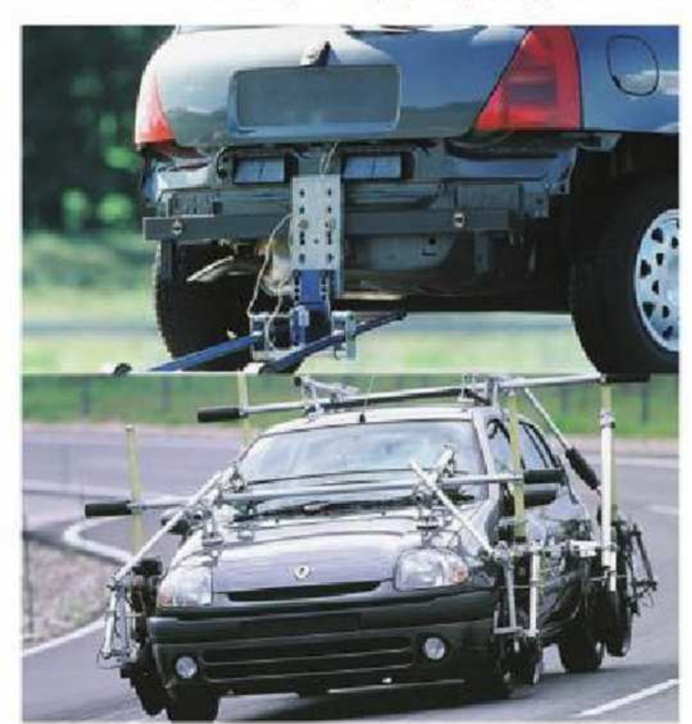


Figura 1.42. Pruebas de fatiga y de choque

to activa como pasiva. Otra secuencia importante en el programa de comprobaciones la constituyen los ensayos de durabilidad de determinados componentes de la carrocería (puertas, capós, cerraduras, etc.). Durante estos ensayos se someten a las carrocerías a cargas extremas en el banco de pruebas de vibraciones (como ejemplo, 70 horas en el banco de ensayos corresponden a 200.000 kilómetros sobre firme irregular).

Estos vehículos sufren un gran número de pruebas de fatiga tanto en laboratorios (frenadas, vibraciones, derrapajes, oscilaciones de la suspensión, crash-test, etc.) como en circuitos cerrados (con calzadas de todo tipo) para analizar su comportamiento y características más significativas, con el fin de poner a punto la geometría de los distintos componentes del mismo.

Estas pruebas se realizan por especialistas que deberán interpretar las informaciones subjetivas aún no totalmente "dominadas" con datos cuantificables: homogeneidad del vehículo, progresividad de sus reacciones, etc. De esta manera, los especialistas probadores intervienen en una fase donde el nivel de regulación y ajuste es sumamente fino.



Figura 1.43. Vehículos preserie «camuflados»

De los prototipos se pasa al vehículo de preserie antes de iniciar la fabricación. Por último, en los programas de circulación real, los vehículos (debidamente camuflados para no desvelar sus secretos), recorren más de 20 millones de kilómetros en zonas del planeta con climas y condiciones extremas. Estos vehículos "preseries" se convierten en auténticos laboratorios rodantes, que se utilizan para confirmar las virtudes o defectos del modelo, cuyo resultado marcará la evolución definitiva que llevará a la fabricación en serie (si el saldo es favorable, el vehículo pasará a la producción, si no, se retrocederá para reestudiar aquellos puntos susceptibles de mejora).

1.2.6. Aerodinámica

La aerodinámica es la parte de la ciencia (mecánica de fluidos) que se ocupa del movimiento del aire y otros fluidos gaseosos, o dicho de otra manera, de las acciones ejercidas por el aire sobre cuerpos sólidos inmersos en él. Cualquier cuerpo que se mueve ha de hacerlo de alguna forma en contra de la resistencia del aire. En cada instante, su movimiento ha de desplazar el aire de su posición, y éste a su vez, se desplaza preferentemente hacia el espacio que ha quedado libre. Este estudio se apoya en teorías físico-matemáticas cada vez más perfeccionadas y se controla a través de potentes y sofisticados programas informáticos y por medio de pruebas realizadas en instalaciones experimentales (túneles de viento).

Además de condicionar las prestaciones y el consumo, el aire causa otros problemas como:

- Puede desestabilizar al vehículo en caso de viento cruzado.
- Es una fuente de ruido (interior y exterior).
- Condiciona la habitabilidad.
- Limita la eficacia de los limpiaparabrisas.
- Provoca el ensuciamiento de la carrocería.

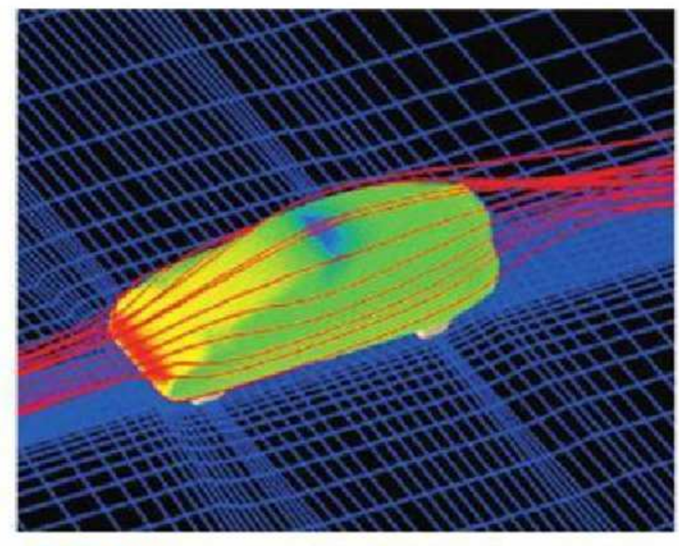
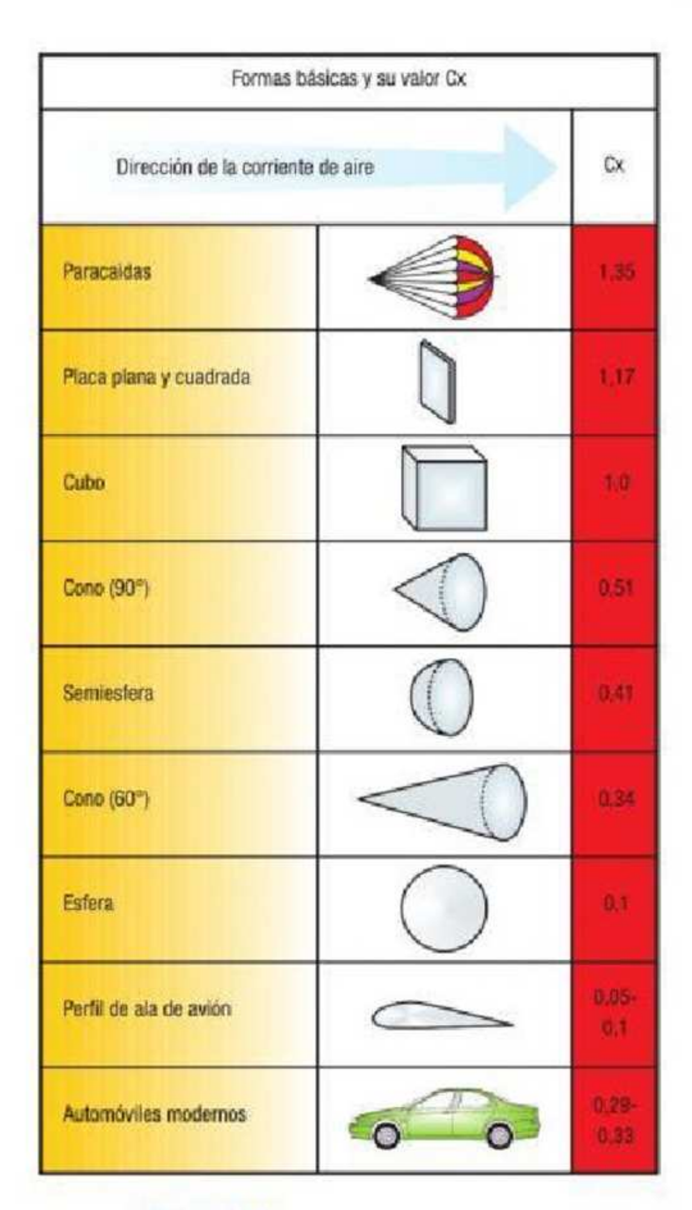


Figura 1.44. Estudio en 3D del proyecto aerodinámico de un nuevo modelo



Formas básicas y su valor Cx		
Dirección de la corriente de aire		Cx
Paracaidas		1,35
Placa plana y cuadrada		1,17
Cubo		1,0
Cono (90°)		0,51
Semiesfera		0,41
Cono (60°)		0,34
Esfera		0,1
Perfil de ala de avión		0,05-0,1
Automóviles modernos		0,29-0,33

Figura 1.45. Formas aerodinámicas

Por todo ello, el trabajo de los diseñadores se centra en conseguir el menor valor de resistencia aerodinámica evitando los posibles efectos negativos que pudiera provocar.

Para conseguir la forma aerodinámica óptima, lo ideal sería que asemejase a una gota de agua, ya que ésta en su caída se moldea con el aire para obtener la menor resistencia posible. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, esta forma altamente aerodinámica tendría una escasa habitabilidad interior (requisito imprescindible hoy en día), por lo que en la búsqueda del diseño ideal se conjuga la forma y la habitabilidad. Por otra parte, no sólo es importante la forma sino también las proporciones del vehículo; por ello, la relación entre anchura y longitud debe estar entorno a 1/3 para conseguir una resistencia mínima. En definitiva, se pretende conseguir una forma estilizada que limite las turbulencias que se forman en la parte posterior (si es suave y alargada, el aire forma menos turbulencias); de hecho, la parte trasera es mucho más importante que la delantera en cuanto a aerodinámica se refiere.

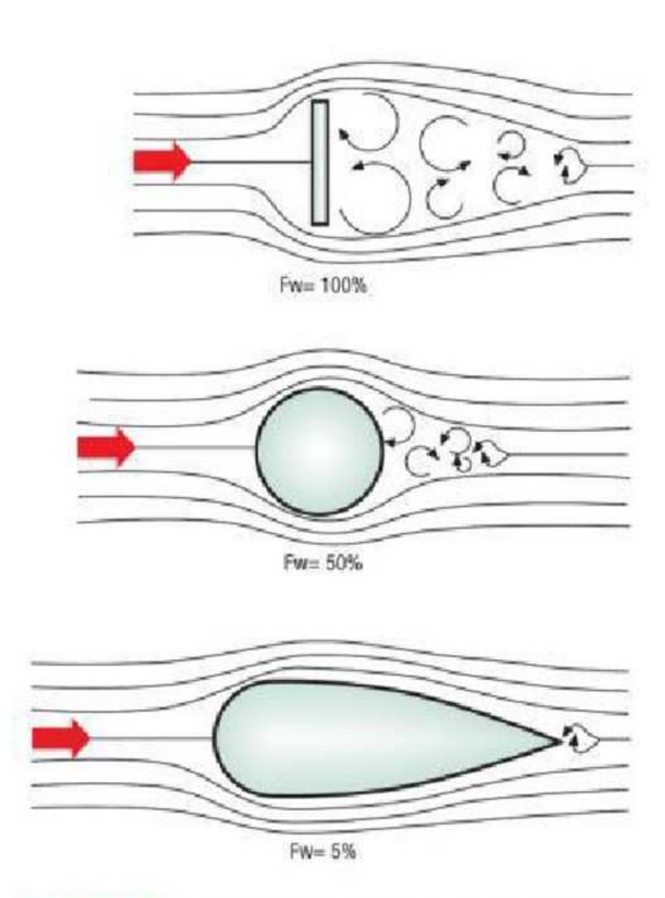


Figura 1.46. Comparación de la resistencia al avance de tres formas aerodinámicas diferenciadas

Los primeros especialistas en aerodinámica que se dedicaron al automóvil provenían del sector aeronáutico, de ahí que la mayoría de sus diseños estuviesen inspirados en modelos de aviación. Uno de los primeros ejemplos lo constituye el modelo *Rumpler* en el que se puede apreciar su diseño en forma de gota suspendida característica del ala de un avión. En cualquier caso, en estos primeros inicios se daba mucha más importancia a las potentes motorizaciones que a las "curiosas" creaciones aerodinámicas que aún debían superar el escepticismo que generaban las supuestas mejoras de rendimiento. En este lento proceso las tendencias y las modas

del momento fueron influyendo cada vez más sobre los argumentos puramente técnicos, hasta que la necesidad de ahorrar en el consumo, producto de la crisis del petróleo de los años setenta, impulsó de forma definitiva al estudio aerodinámico como uno de los condicionantes básicos a la hora del proyecto de un nuevo modelo. Hoy en día la aerodinámica también puede condicionar las prestaciones del vehículo y la seguridad de marcha; además también hay que tener en cuenta el confort, pues los ruidos ocasionados por el viento pueden resultar molestos para los pasajeros.



Figura 1.47. Forma aerodinámica en forma de gota suspendida

▶ Flujos de aire

En el contacto entre el vehículo y el aire pueden apreciarse dos flujos de aire diferentes:

- Flujo interior. Agrupa al aire de ventilación del habitáculo y el utilizado en la admisión y refrigeración del motor. Supone aproximadamente el 20% del total de la resistencia aerodinámica, y condiciona tanto el confort climático de los pasajeros como el rendimiento térmico del motor. Desde la perspectiva de la ventilación, la aerodinámica interior de una carrocería debe ser capaz de:
  - Mantener la temperatura interior constante, con independencia de la temperatura exterior y de la velocidad del vehículo.
  - Renovar el aire de forma que el ambiente no se empobrezca (sin producir corrientes importantes de aire).
  - No variar la humedad interior.



Figura 1.48. Flujo interior de aire. Ventilación aire frío/caliente del habitáculo

  - Permitir varios niveles de temperatura para compensar la temperatura exterior y la radiación solar.
- Flujo exterior. Comprende tanto el aire que circula sobre la carrocería como el que discurre entre la misma y el suelo; suponiendo el principal factor de resistencia aerodinámica.

El flujo aerodinámico también afecta al confort de los pasajeros a través de la sonoridad. Las fuentes de ruido aerodinámico suelen coincidir con las que forman turbulencias, por lo que en principio, un buen coeficiente aerodinámico hace que el vehículo sea silencioso. No obstante, el confort acústico no se basa sólo en el nivel de ruido, sino en la amplitud y frecuencia del mismo. De hecho, uno de los objetivos de la aerodinámica interior es conseguir que el margen de frecuencias del ruido aerodinámico sea estrecho y uniforme para que no haya una frecuencia que sobresalga mucho de las demás.



Figura 1.49. Flujo exterior de aire

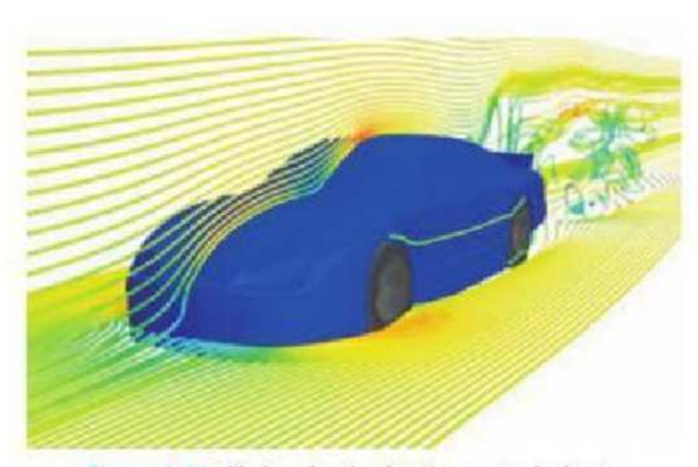
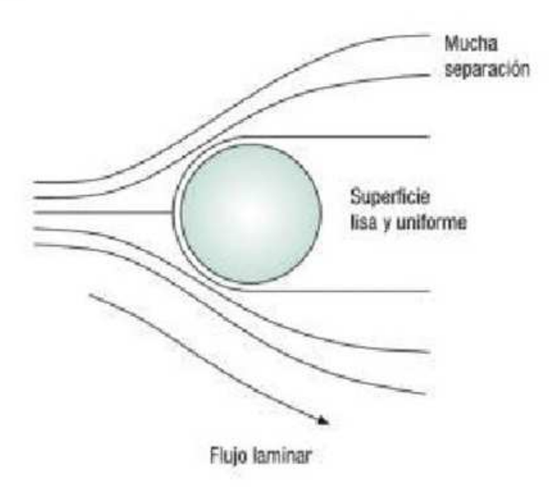


Figura 1.50. Flujos de aire laminar y turbulento

Los factores que determinan la resistencia aerodinámica total al avance del vehículo son: tamaño y forma de la carrocería, velocidad relativa del vehículo respecto al aire, y densidad del aire.



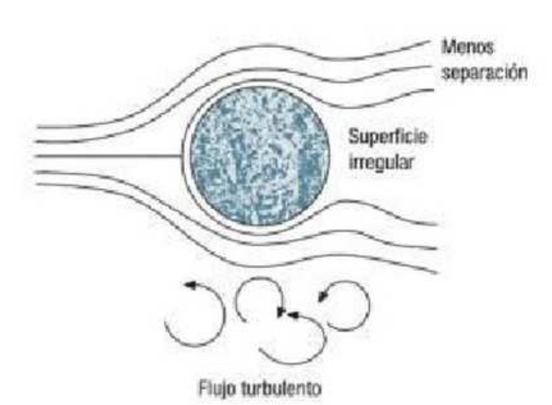


Figura 1.51. Diferencia entre los flujos de aire laminar y turbulento

Otro factor importante lo constituye el tipo de superficie de la carrocería, que determina el rozamiento con la capa de aire que está en contacto con ella. En este sentido, el aire puede fluir de dos formas:

- Uniformemente. Cada partícula de aire se desplaza, con respecto a la carrocería, en la misma dirección y velocidad que las que le rodean. Este desplazamiento tan fluido se conoce como flujo laminar. Cuanto mayor sea el flujo laminar, menor será la resistencia aerodinámica.
- Con turbulencias. Después de la capa laminar el flujo de aire se transforma en turbulento, debido a que hay partículas de aire que pierden velocidad con respecto a las demás, e incluso cambian de dirección.

Coeficientes aerodinámicos

El comportamiento dinámico de una carrocería se ve influenciado principalmente por la resistencia y fuerzas aerodinámicas que se originan en el desplazamiento del vehículo. Para estudiar el comportamiento del mismo, se han definido una serie de parámetros como los coeficientes aerodinámicos, que analizan las cualidades y comportamiento de cada vehículo utilizando unos valores de referencia predeterminados. Estos coeficientes son:

- **C_x**. Un cuerpo que se desplaza ha de invertir una cierta cantidad de potencia en atravesar la masa de aire que lo rodea. El dato de la potencia invertida estará en relación directa con el volumen del cuerpo, de tal manera que cuanto más aerodinámica sea su forma mejor será su capacidad de penetración aerodinámica y, por tanto, menor será la potencia invertida en vencer la resistencia

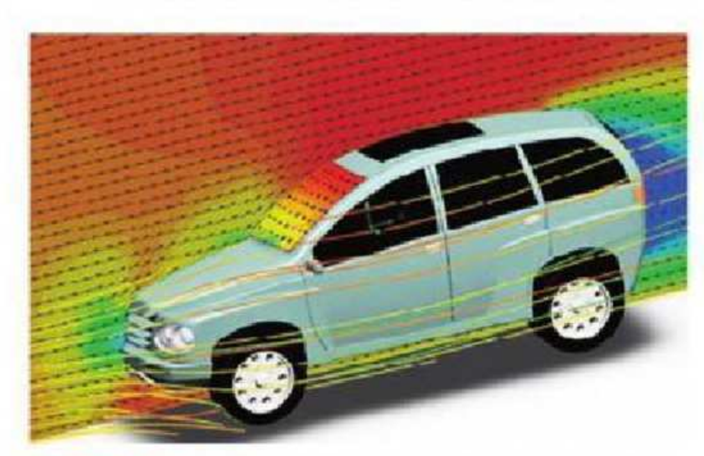


Figura 1.52. Visualización de la resistencia que opone la masa de aire al avance del vehículo

del aire en su desplazamiento. En este contexto aparece la sigla técnica C_x (coeficiente de penetración aerodinámica), que da idea de la mayor o menor resistencia que ofrece al avance una forma determinada, cuanto menor es la cifra tanto mayor es la capacidad de penetración aerodinámica de la forma. Aunque el concepto de resistencia al aire es una más dentro del conjunto de resistencias que se oponen al avance del vehículo (resistencia a la rodadura, resistencia de las pendientes de la marcha, resistencia en la aceleración, etc.), tiene una importancia fundamental por cuanto la presión dinámica que se origina en el frontal del vehículo durante la marcha, crece mucho más rápido que la velocidad, de tal manera que en la fórmula de la potencia la velocidad aparece elevada al cubo (como ejemplo, un vehículo que duplica su velocidad necesita una potencia multiplicada por ocho para vencer la resistencia al aire, o si pasa de 40 km/h a 160 km/h necesitará emplear una potencia 64 veces mayor.

Por ello la aerodinámica como tal tiene un papel cada vez más importante en los departamentos de diseño y construcción de los fabricantes.

En la obtención de un buen valor C_x intervienen diversos factores, no sólo la forma más o menos afilada del frontal, de hecho muchos de ellos no se perciben a simple vista: forma de los bajos, características de la circulación del aire entre suelo y carrocería, turbulencias posteriores, etc. En general, para obtener un buen coeficiente de penetración aerodinámica es muy importante que el flujo de aire que roza el contorno del vehículo sea homogéneo y con poco grado de rozamiento. Para ello, en parte se intentan optimizar las formas ya existentes incidiendo en los detalles, teniendo en cuenta que en los puntos en los que por una forma poco idónea o por un excesivo rozamiento en la superficie, se crean diferencias de presión demasiado elevadas que pueden ocasionar que el flujo de aire se interrumpa y se creen turbulencias que "tiran" de la carrocería y aumentan consecuentemente la resistencia al desplazamiento. El ruido producido por el vehículo al circular, las prestaciones y el consumo de combustible, dependen directamente de la resistencia aerodinámica. Actualmente cuentan como buenos valores los que se encuentran en torno a 0,30. Estos resultados se obtienen gracias al trabajo realizado en los túneles de viento, donde se estudia la aerodinámica con vehículos realizados a escala más reducida o con prototipos preserie de tamaño real.

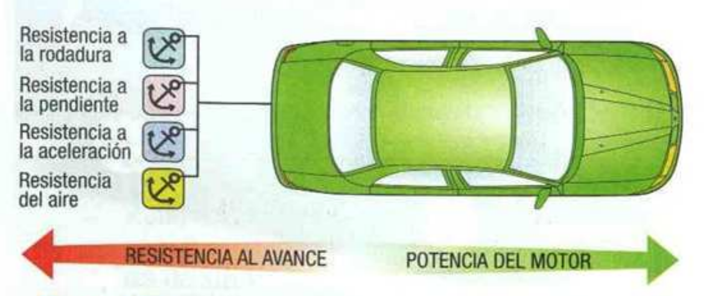


Figura 1.53. Conjunto de resistencias que se oponen al avance del vehículo

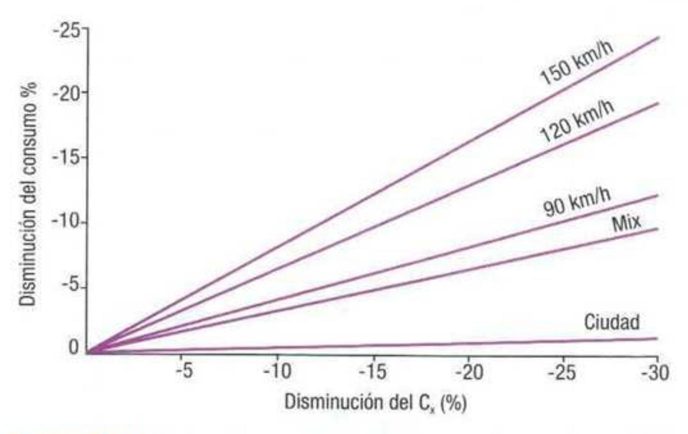


Figura 1.54. Relación entre el consumo de combustible y el coeficiente C_x

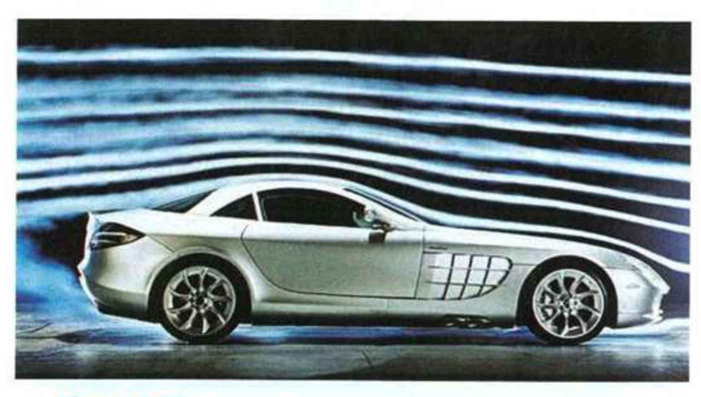


Figura 1.55. Forma aerodinámica con flujo de aire homogéneo y poco rozamiento

- **C_xA.** Para expresar la resistencia aerodinámica total de un vehículo no es suficiente conocer el C_x, ya que éste sólo hace referencia a la forma del cuerpo sin considerar el tamaño. Como ejemplo, si dos vehículos tienen el mismo C_x, ofrecerá más resistencia al aire el que más grande sea (normalmente presentará un área frontal de mayor superficie). O dicho de otra forma, si dos vehículos tienen la misma superficie frontal,

opondrá menor resistencia al aire el que disponga de un C_x más pequeño. Por todo ello, la potencia que ha de emplear el vehículo para superar la resistencia del aire además de depender del coeficiente de penetración aerodinámica (C_x), está directamente relacionada con la superficie

F1 y similares

C_x = 0,45 a 1,75

Esfera

C_x = 0,05 a 0,07

Corvette

C_x = 0,29

Bala

C_x = 0,295

Ala

C_x = 0,045

Figura 1.56. Comparativa de coeficientes aerodinámicos según la forma

de ataque del vehículo (A) medida en m², de tal manera que sólo mediante el producto de $C_x \cdot A$ podemos tener una referencia clara de la resistencia al aire que ofrece un vehículo; de hecho el factor C_x puede definirse como una magnitud adimensional que define la calidad de la forma de una carrocería. La superficie de ataque (A) puede definirse como la superficie de proyección de la sombra del contorno que se origina cuando el vehículo es iluminado en sentido longitudinal por una luz paralela; para determinar esta superficie suelen utilizarse métodos ópticos basados en la aplicación del láser.



Figura 1.57. Coeficiente C_xA

Existen también otros factores que inciden en el cómputo total del valor de la resistencia al aire, como son la velocidad del vehículo (la resistencia aumenta de forma aproximadamente proporcional al cuadrado de su velocidad con respecto al aire) y la densidad del aire (el aire "denso" frena más que el aire "poco denso"). La relación con el resto de los parámetros anteriormente mencionados queda establecida por la siguiente fórmula:

$$W = C_x \cdot A \cdot (\rho/2 \cdot V_F^2)$$

Siendo:

C_x: coeficiente de penetración aerodinámico.

A: Superficie de ataque en m².

ρ: Densidad del aire.

V_F: Velocidad del vehículo.

En la práctica el producto resultante del cuadrado de la velocidad y la mitad de la densidad del aire, determina la presión dinámica y suele considerarse como constante a la hora de comparar la resistencia al aire de distintos vehículos.

- C_Y. Con esta denominación se hace referencia al coeficiente de deriva que mide el efecto del aire aplicado de forma lateral al vehículo, afectando de esta forma a su estabilidad. Las ráfagas de aire que no inciden perpendicularmente sobre la carrocería pueden comprometer la conducción y la estabilidad, pudiendo incidir de forma decisiva en la trayectoria del vehículo, haciéndola variar de forma repentina al producir una cierta deriva en los neumáticos. El viento lateral influye en el comportamiento del vehículo de forma diferente en función de muchas variables como: la forma y superficie de la carrocería, el peso total, la distribución de masas, la adherencia de las ruedas, la distancia entre ejes y entre ruedas (batalla y vía), centro de presión, etc. Aunque en algunos casos, hace unos años los vehículos más aerodinámicos (en función de su coeficiente de penetración) se consideraban como muy sensibles a los efectos del viento lateral, en la actualidad se logra integrar de forma altamente satisfactoria ambos condicionantes, sobre todo atendiendo a la forma de los radios más relevantes como los cantos de la parte frontal, los pilares o montantes delantero y trasero, etc. En las fuerzas laterales y el par de balanceo también influyen los ángulos y las relaciones de magnitud de los flancos de un vehículo.

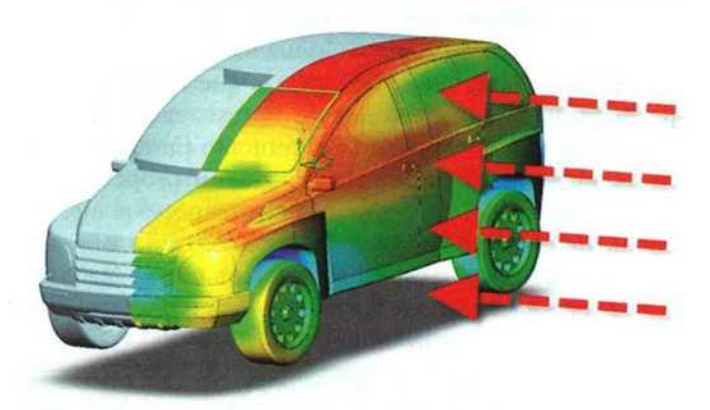


Figura 1.58. Coeficiente C_Y

- C_z. Este valor hace referencia a las fuerzas aerodinámicas que inciden verticalmente sobre la carrocería. Es el denominado coeficiente de sustentación, que mide el apoyo de las cuatro ruedas con el suelo y su posible "aligeración" por efecto del viento o por traslado de masas suspendidas. Si la fuerza actúa hacia arriba se habla de empuje ascensional y en sentido contrario se trata de asentamiento. Ambas fuerzas influyen de forma decisiva en una conducción estable. Cuando un cuerpo asimétrico es desplazado por el aire de forma que el flujo por la parte superior ha de recorrer más camino que el de la parte inferior, se crea una depresión en la cara superior que es precisamente el empuje ascensional descrito. Como dato, en alta velocidad las fuerzas ascensionales pueden "aligerar" el vehículo lo que repercutirá negativamente sobre la estabilidad lateral del eje de la dirección. En la práctica todos los vehículos se encuentran sometidos a un empuje ascensional de magnitud variable que actúa en contra del peso. Por ello, los vehículos que circulan a alta velocidad deben contar con soluciones apropiadas para conseguir

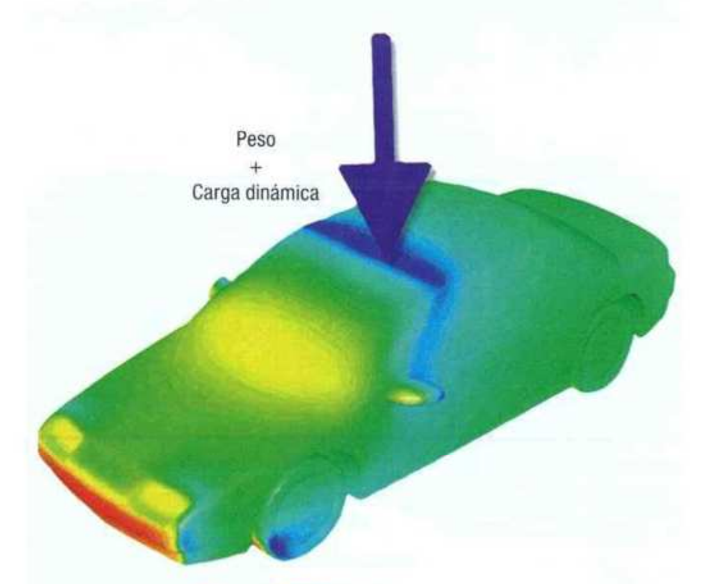


Figura 1.59. Coeficiente C_Z

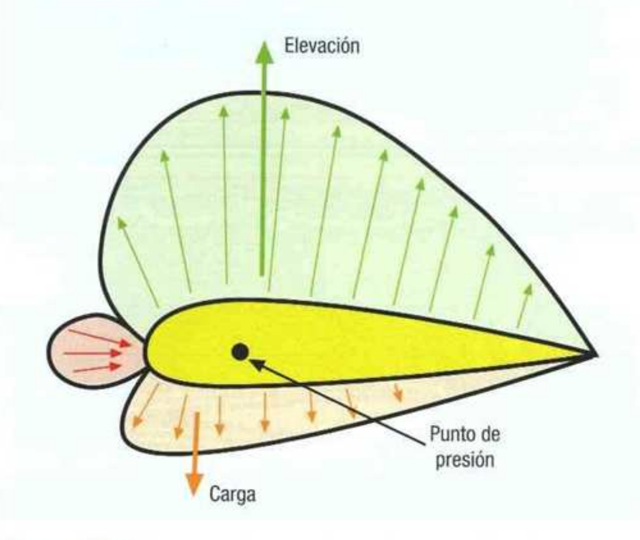


Figura 1.60. Fuerzas de sustentación que inciden sobre un cuerpo con forma de ala

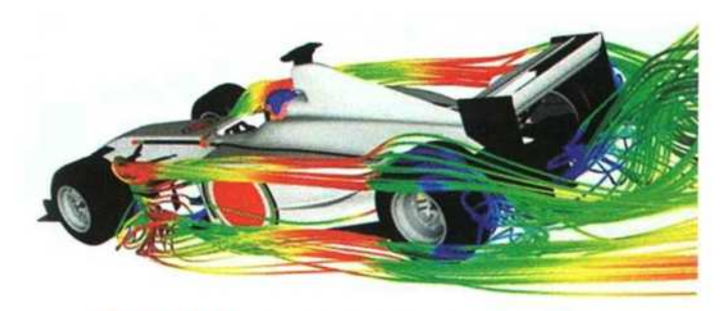


Figura 1.61. Simulación del comportamiento aerodinámico de un vehículo de F1

un mayor asentamiento que confiera una estabilidad apropiada. En cualquier caso, en la busca de la forma y línea aerodinámica apropiada a un modelo determinado, se tiene muy en cuenta la distancia al suelo de la carrocería, ya que influye en el comportamiento del vehículo por efecto de la presión dinámica o capa límite en los bajos de la carrocería. En la magnitud de este valor ascensional también influyen factores como la forma de la parte delantera, forma y configuración de los bajos, grado de carga del maletero, etc. Como ejemplo, los coches de Fórmula 1 presentan una estructura muy pegada al suelo con el fin de que el aire se desplace a gran velocidad por el pequeño espacio entre la carrocería y el suelo, lo que reduce la presión debajo del vehículo y lo aprieta firmemente hacia abajo mejorando notablemente el agarre; este efecto ("efecto suelo") se completa en este tipo de vehículos incorporando un plano aerodinámico trasero (alerón) con forma de ala invertida que aumenta la fuerza de agarre contra el suelo. Para determinar el $\mathbf{C_z}$ más adecuado, hay que tener en cuenta que obtener un fuerte apoyo aerodinámico implica empeorar el $\mathbf{C_x}$, ya que la

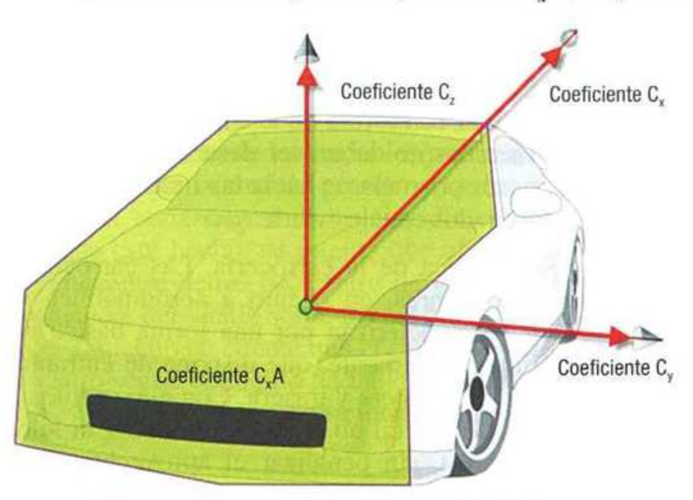


Figura 1.62. Coeficientes aerodinámicos

fuerza que empuja al vehículo contra el suelo es producto del propio avance del mismo. Utilizando el ejemplo de un "Fórmula 1", sus alerones son capaces de ejercer una fuerza contra el suelo superior a 1.000 kilos, sin embargo aumentan considerablemente la resistencia al avance provocando una deceleración muy importante (en estos casos lo que se pierde en recta se gana en curvas, por lo que la geometría de estos elementos tiene que regularse para cada circuito específicamente).

Condiciones de diseño

La búsqueda de la línea aerodinámica que conjugue de forma óptima los conceptos anteriormente descritos, se ve favorecida por la aparición de nuevos materiales en la construcción de la carrocería con los que se consiguen unos conjuntos cada vez más armoniosos (paragolpes, lunas, grupos ópticos, etc.), aunque por el contrario, el diseñador tiene que contar con una serie de condicionantes como: las necesidades en materia de resistencia estructural, la necesidad de disponer de flujos de aire (para la climatización del habitáculo, para la refrigeración: del motor, frenos, escape, etc.), el grado de habitabilidad interior, la utilización de neumáticos cada vez más anchos, los costes de producción, la estética, etc.

La superficie ideal de la carrocería será aquella que sea capaz de conservar un flujo laminar de aire en toda su superficie, evitando la aparición de turbulencias. Para ello, en la fase de diseño se intenta que los elementos que puedan provocar alteraciones en el flujo de aire, se encuentren enrasados con la carrocería.

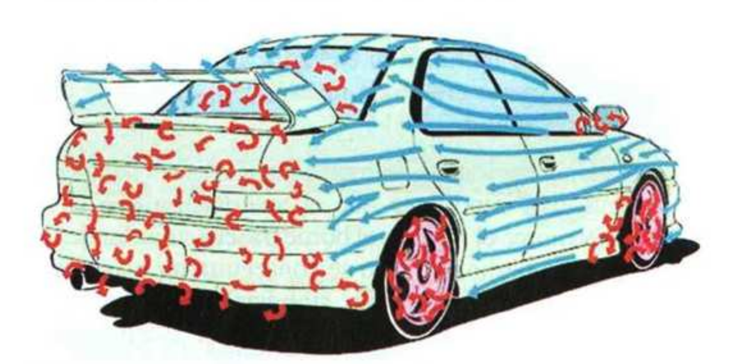


Figura 1.63. Turbulencias que generan los componentes exteriores del vehículo

Las primeras condiciones para conseguir un buen valor de C_x ya se fijan a la hora de dar forma a la parte delantera, porque es allí donde se decide el reparto de la corriente del aire en lo que se denomina el punto dinámico. Si se consigue un punto dinámico muy bajo pasará

mucho aire por el techo y esto tiene un efecto favorable sobre la resistencia al avance. Si dando una forma determinada a la parte delantera se consigue que no pase mucho aire por los flancos del vehículo se mejora la estabilidad lateral del viento. En general y en cuanto al estudio aerodinámico se refiere, los elementos o zonas del vehículo a los que se dedica una mayor atención en la fase de diseño son:

- Parte delantera. En esta zona es muy importante evitar las formas angulosas para que la corriente de aire pueda rozar el coche sin provocar turbulencias. Los cambios de presión y las turbulencias que se generan como consecuencia de una interrupción del flujo influyen notablemente en la resistencia del aire.

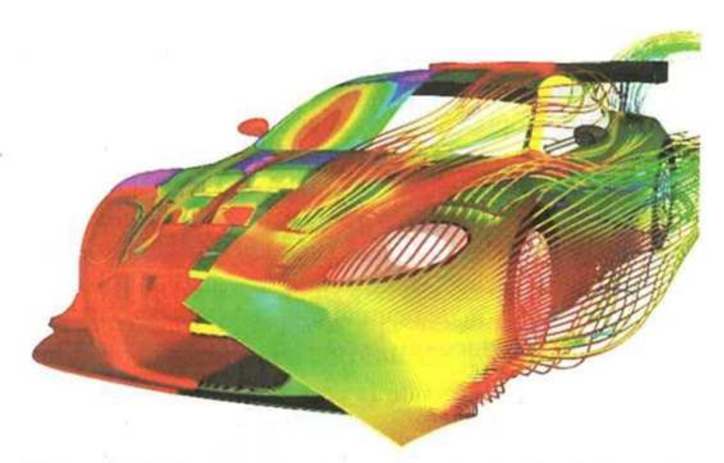
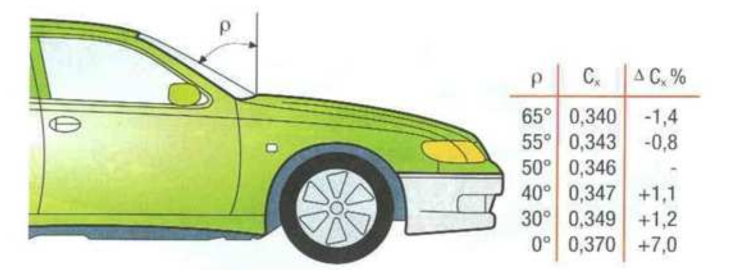


Figura 1.64. Simulación del comportamiento de la parte delantera de un vehículo en el reparto de la corriente de aire

- La inclinación del parabrisas. En este sentido, un ángulo de inclinación elevado, a riesgo de provocar un cierto efecto de invernadero, consigue una notable mejora en el C_x.
- La inclinación de la luneta trasera. Este factor es aún más importante que el anterior, ya que si se interrumpe el flujo en el borde trasero superior de un modelo berlina no sólo se conseguirá un mayor ensuciamiento de la luneta, sino también peores valores de resistencia del aire y de empuje ascensional.
- Parte trasera. La existencia en esta zona de un marcado borde de interrupción de la corriente de aire consigue un efecto positivo sobre las propiedades aerodinámicas del vehículo. Por una parte se suaviza así el cambio de presión a lo largo de la luneta trasera y por otra parte se obtienen, con una interrupción definida y marcada, mejores coeficientes de penetración y de asentamiento.



ρ	C_x	ΔC_x %
65°	0,340	-1,4
55°	0,343	-0,8
50°	0,346	-
40°	0,347	+1,1
30°	0,349	+1,2
0°	0,370	+7,0

Figura 1.65. Influencia del ángulo de inclinación ρ del parabrisas en el valor del coeficiente C_x (empeoramiento -, mejora +)

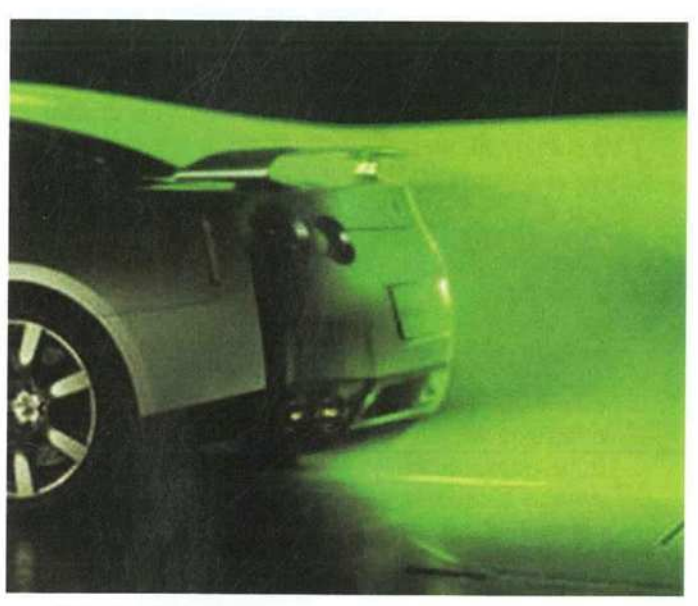


Figura 1.66. Comportamiento de la parte trasera de la carrocería

- La inclinación y los radios de paso de los montantes delantero y trasero. La forma y disposición de estos elementos tienen un claro efecto sobre la resistencia al aire y sobre la sensibilidad al viento lateral. Como ejemplo, con una acusada forma redondeada del montante delantero se puede ganar sin más una centésima de C_x. En cualquier caso, estas medidas no deben ser descompensadas por unos pasos poco claros hacia las lunetas laterales o inadecuados canales vierteaguas.
- Línea genérica de la carrocería. Las carrocerías más innovadoras, en cuanto a aerodinámica se refiere, se caracterizan por una forma básica redondeada lateralmente, que dispone de entrantes en la parte delantera y trasera. Con ello se intenta conseguir el difícil objetivo de optimizar la línea aerodinámica, sin penalizar el aprovechamiento del espacio interior.



Figura 1.67. Línea aerodinámica en la que predominan las líneas redondeadas de entrada

- Otros elementos, como los limpiaparabrisas o los espejos retrovisores exteriores, deben diseñarse e integrarse en el conjunto de la carrocería para obstaculizar lo menos posible el flujo de aire.



Figura 1.68. Limpiaparabrisas integrados en la carrocería

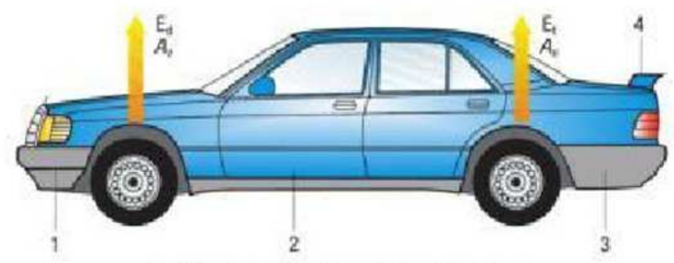
Aerodinámica activa

El centro de presión aerodinámica de un vehículo es el punto de aplicación donde se manifiesta toda la fuerza que ejerce el viento sobre la carrocería del vehículo en función del avance del mismo y la dirección y velocidad del aire. Una de las variables más importantes es la relación entre centro de presión y centro de gravedad. Lo ideal sería que ambos coincidiesen, pero dado lo raro de este hecho, se intenta que el centro de presión se encuentre detrás del centro de gravedad para que la influencia del viento sobre las ruedas delanteras sea menor. Teniendo en cuenta que el centro de presión cambia de sitio según el ángulo de incidencia del aire y cuando el vehículo altera sus condiciones dinámicas, sobre todo en frenadas y curvas a cierta velocidad, algunos vehículos incorporan elementos como alerones y spoilers de geometría variable en función de la velocidad, lo que genera modificaciones importantes en el comportamiento aerodinámico del vehículo (generalmente retrasando el centro de presión en frenadas y curvas), que proporcionan más estabilidad.

Aditamentos aerodinámicos

Una carrocería moderna debe ofrecer escasa resistencia al aire, sin provocar fuerzas ascensionales sobre los ejes que repercuten principalmente en la estabilidad en marcha rectilínea y en la sensibilidad frente al viento de costado. Para conseguir estos objetivos se recurre, entre otras soluciones, a la utilización de aditamentos aerodinámicos. Son elementos exteriores de la carrocería que además de mejorar la estética del vehículo (dando un cierto "aire" deportivo), consiguen ciertas mejoras en sus prestaciones: mejor adherencia, mayor ventilación de los frenos, etc. Habitualmente, su efecto no se percibe claramente a menos que se circule a velocidad elevada.

Los experimentos realizados en túneles de viento demuestran que por medio de unos faldones o deflectores adicionales colocados delante y detrás del vehículo, combinados con unos revestimientos laterales, aletas traseras y alerones traseros, se puede reducir la resistencia del aire y el empuje ascensional en los ejes delantero y trasero a altas velocidades. Todo esto favorece enormemente la conducción. A la vez, unos bajos lisos que no tiendan a formar turbulencias han demostrado también su eficacia desde el punto de vista aerodinámico.



1. Deflector delantero; 2. Revestimiento lateral; 3. Deflector trasero; 4. Alerón trasero

Figura 1.69. Aditamentos aerodinámicos que reducen la resistencia del aire y la fuerza de empuje ascensional.

La tabla siguiente contiene varios valores que expresan la influencia ejercida por determinados componentes sobre el coeficiente aerodinámico (C_x).

Influencia de:	Δ C_x %
Descenso del nivel 30 mm	-5 aprox.
Tapacubos lisos	-1.......-3
Neumáticos anchos	+2.......+4
Ventanillas al ras	-1 aprox.
Hermetización de ranuras	-2.......-5
Revestimiento de bajos	-1.......-7
Faros abatibles	+3.......+10
Retrovisores exteriores	+2.......+5
Flujo del aire a través del radiador y vano motor	+4.......+14
Refrigeración de los frenos	+2.......+5
Ventilación del habitáculo	+1 aprox.
Ventanillas abiertas	+5 aprox.
Techo corredizo abierto	+2 aprox.
Transporte de una tabla de surf en la baca	+40 aprox.

A continuación se describen las características más importantes de estos elementos:

- Deflectores o spoilers. En función de su ubicación se distinguen las siguientes variedades:
  - Deflectores traseros. Suelen situarse sobre el borde del maletero, del techo, o la parte superior de la luna trasera para canalizar el aire para conseguir reducir el C_x. Su efecto consiste en impedir que el flujo de aire circule con libertad sobre la carrocería, creando un fenómeno de sustentación positiva que levante la parte trasera del vehículo mejorando la adherencia en conjunto.



Figura 1.70. Aditamentos aerodinámicos



Figura 1.71. Deflectores traseros y de ventana

  - Deflectores de bajos. Se encuentran situados junto a las ruedas delanteras y traseras. Se encargan de reducir las turbulencias de aire (ruidos aerodinámicos) producidas por las ruedas. En ciertas ocasiones su efecto se complementa con unos deflectores montados sobre la parte inferior del parachoques. Estas cubiertas aerodinámicas reducen también las turbulencias de aire que se originan en los bajos del vehículo, a la vez que limitan la entrada de aire debajo del vehículo. Como se ha referido anteriormente, con ello se consiguen dos objetivos: por un lado mejorar un poco el coeficiente de penetración (a costa de aumentar la superficie

frontal), y por otro, reducir la presión inferior de la carrocería para incrementar el apoyo aerodinámico a gran velocidad.

- Deflectores laterales (taloneras) y cantoneras. Su misión es la de canalizar convenientemente las corrientes de aire para evitar que incidan directamente sobre las ruedas traseras, reduciendo las turbulencias y consecuentemente la resistencia del vehículo al paso de aire. Trabajan en conjunción con el faldón delantero, sellando los bajos del vehículo para mantener con mayor eficacia el área de baja presión resultante.



Figura 1.72. **Deflector lateral y cantonera**

- Deflector delantero. Su misión consiste en reducir la cantidad de aire que circula por debajo del vehículo. Con ello se consigue mejorar ligeramente la aerodinámica del vehículo, y sobre todo, crear una zona de baja presión bajo él mismo, que incrementa la adherencia. El efecto de los faldones es más acusado cuanto más cerca del suelo se encuentren, aunque esta solución no resulta práctica en vehículos de serie. Suelen disponer de entradas de aire convenientemente diseñadas para ventilar los frenos.

- Alerones traseros. A diferencia de los deflectores, los alerones se sitúan a un plano superior que el de la carrocería, dejando espacio libre entre ambos elementos. Su función también es la de encauzar la salida del aire, de tal forma que la corriente de aire no origine turbulencias que puedan frenar el avance del vehículo. Su diseño es similar al de las alas de los aviones, pero situadas de forma invertida. Así generan una zona de baja presión que empuja al eje trasero hacia abajo aumentando su adherencia.

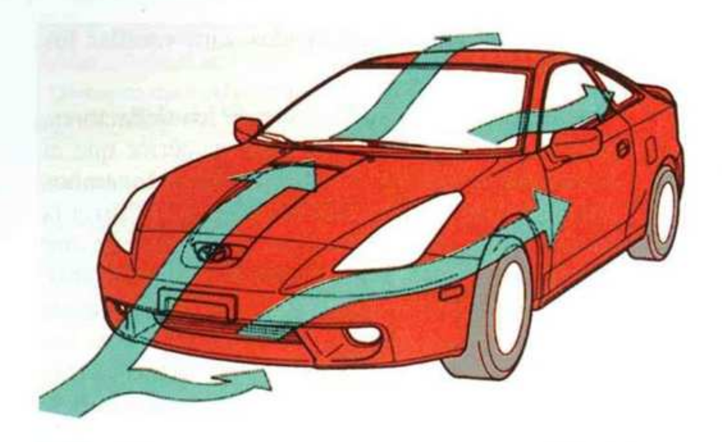


Figura 1.73. **Alerón trasero**

Asimismo, los sistemas de suspensión activa más innovadores permiten una regulación automática del nivel de la carrocería que rebaja la altura de la misma en función de la velocidad. De esta manera disminuyen la resistencia aerodinámica a la penetración y las fuerzas ascensionales, al reducirse la circulación de aire por debajo del vehículo. De este modo mejora el comportamiento autodireccional a altas velocidades.

Como resumen, entre las soluciones aerodinámicas que suelen incorporar los vehículos, se encuentran:

- Forma aerodinámica de la carrocería (muy frecuentemente en forma de "cuña", más alta por detrás).
- Posición inclinada de la rejilla del radiador, lo que unido al diseño del paragolpes delantero (que suele incluir el faldón) garantiza un flujo sin desprendimientos del aire por encima y entorno a la carrocería.
- Incorporar deflectores de bajos en la parte delantera de los pases de rueda para reducir las fuerzas ascensionales, la presión dinámica que se forma delante de los neumáticos, y la temperatura de los frenos.



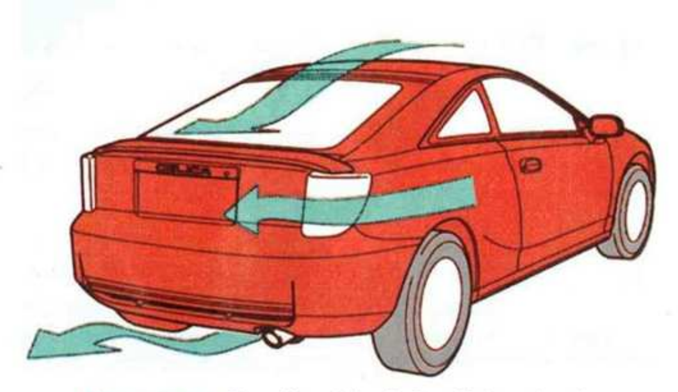


Figura 1.74. Canalización de los flujos de aire

- Perfil del vehículo que garantice un buen deslizamiento del aire, conservando al mismo tiempo una buena visibilidad y funcionalidad.
- Incorporar elementos como pantallas sobre las columnas delanteras para evitar el ensuciamiento de las ventanillas laterales, desviando el agua de lluvia hacia el techo.

En cualquier caso, las medidas de perfeccionamiento aerodinámico no deben ir en detrimento de otros factores de idoneidad de condiciones de marcha como:

- Garantizar una adecuada distancia al suelo.
- Evitar que se ensucien las ventanillas laterales y luneta trasera. Para ello se somete a la carrocería, entre otras pruebas, al test de evacuación del agua de lluvia.
- Asegurar un dimensionado suficiente de la rejilla del radiador para disponer de un flujo adecuado de aire (para refrigeración y climatización principalmente).
- Disponer de flujos de aire para ventilar componentes como los frenos.

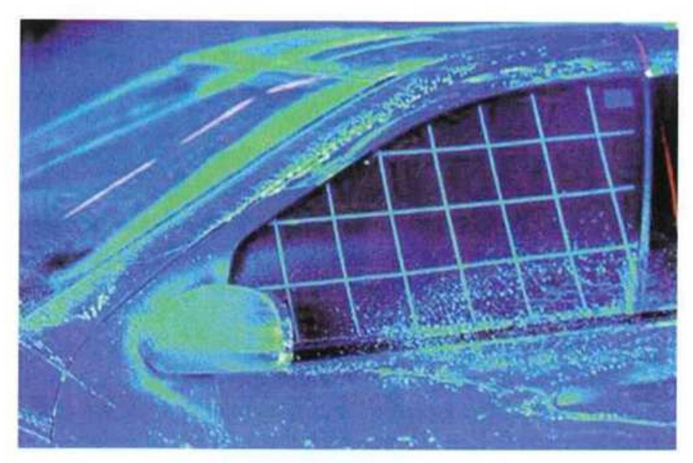


Figura 1.75. Test de evacuación del agua de lluvia

- Incorporar retrovisores exteriores de tamaño funcional.

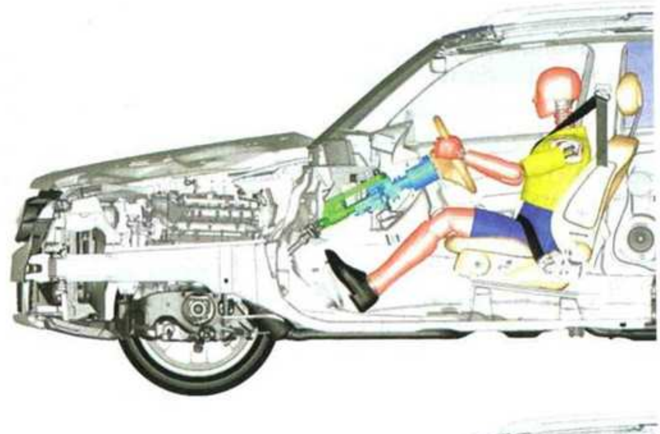
1.2.7. Pruebas de choque (Crash Test)

La industria del automóvil cuenta con los servicios de especialistas de gran prestigio para efectuar completos análisis de accidentes. Médicos y expertos de tráfico estudian diferentes casos con sus lesiones típicas y sus daños materiales. Las estadísticas sobre gravedad y tipos de accidentes permiten determinar los riesgos.

Para estudiar el comportamiento del vehículo en caso de colisión, con objeto de tratar de mejorar la seguridad reduciendo las consecuencias de los accidentes, uno de los aspectos que tienen en cuenta los fabricantes de vehículos y que más ha contribuido a conseguir una mayor protección a los ocupantes, es la realización de pruebas de choque, más conocidas como "*crash tests*" (simulaciones de accidentes realizadas en laboratorios). Con ellos se consiguen determinar los fenómenos técnicos y físicos implicados en una colisión y el comportamiento de la carrocería en caso de impacto, mediante la medición de los esfuerzos soportados por los dummies (maniquíes antropomórficos) y de las mediciones dimensionales del habitáculo de pasajeros.

Desde hace algunos años, la simulación mediante ordenador se ha convertido en un medio esencial para el perfeccionamiento de la seguridad en los automóviles.

Para ello se utilizan herramientas CAD de choques virtuales que predicen el resultado de las comprobaciones físicas antes de la prueba final del vehículo sin necesidad de costosos prototipos de fabricación.



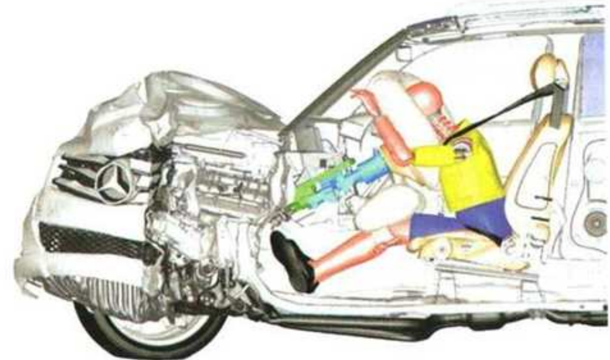




Figura 1.76. **Crash tests**

Aunque la simulación mediante ordenador no puede sustituir a los experimentos prácticos, las condiciones básicas para estos experimentos han evolucionado considerablemente, ya que ahora se puede trabajar con soluciones constructivas optimizadas.

Los ensayos de crash test evalúan la eficacia global de los sistemas de seguridad pasiva del vehículo, lo que ha incidido de forma directa en la gran evolución que han experimentado los mismos. Del resultado de estas pruebas también se extraen conclusiones muy valiosas (sobre todo para las compañías aseguradoras) acerca del grado de reparabilidad de la carrocería en función de la magnitud y orientación del impacto.



Figura 1.77. **Comparación entre la simulación virtual y la prueba física real**

Las pruebas de choque pueden ser parciales (sobre ciertos elementos del bastidor de forma independiente) o de prototipos enteros.

En ellas se ha comprobado cómo una estructura rígida sería altamente perjudicial para el cuerpo humano en caso de colisión, al provocar una deceleración demasiado elevada. Por el contrario, una carrocería fácilmente deformable aprisionaría a los ocupantes dentro del vehículo.

Con el análisis de datos obtenidos en el desarrollo de estas pruebas, se trata de conseguir una estructura que, en caso de choque sea lo suficientemente flexible como para absorber la mayor parte de la energía generada en el impacto evitando así una deceleración excesiva y que al mismo tiempo sea lo suficientemente rígida para mantener íntegro el habitáculo. Todo ello con el fin de garantizar en la medida de lo posible la máxima protección no sólo a los ocupantes del propio vehículo, sino también procurar que los ocupantes de otros vehículos, o los peatones implicados en el choque sufran las mínimas consecuencias.





Figura 1.78. **Prueba de choque realizada para determinar el proceso de reparación más idóneo en vehículos que presentando la misma afectación fueron reparados utilizando procedimientos diferentes**

Además de los fabricantes de vehículos, existen otras entidades y asociaciones que también realizan test de choques, aunque suelen utilizar valores de referencia distintos (generalmente más elevados). Entre ellas se encuentran: IIHS (Insurance Institute for Highway Safety), NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), Euro NCAP (European New Cars Assessment Program), que nació como una iniciativa del Ministerio Británico de Transportes, a la que se unieron después sus homólogos suecos y holandeses, así como International Testing (organización común a varias asociaciones de consumidores europeas). En esta iniciativa participan también la Comisión Europea y FIA/AIT (que agrupa a varios clubs automovilísticos europeos. Los test llevados a cabo en la Euro NCAP han sido desarrollados para chequear el más amplio abanico de situaciones de riesgo en el automóvil, y no se tienen en cuenta las motorizaciones ni los niveles de equipamiento (de confort) propiamente dicho y los resultados son públicos y accesibles.

En los test de la Euro NCAP se siguen varios criterios de funcionamiento. El primero de ellos se refiere a una colisión frontal a 64 km/h sobre un obstáculo de un metro de ancho y 540 mm de alto con un decalado (Offset) del 40% a lo ancho del coche. El impacto lateral se realiza con una barrera móvil contra la puerta del conductor y contra la del pasajero. Esta barrera tiene un ariete de un metro de ancho y 510 mm de alto, se desplaza a 64 km/h y golpea sobre un punto "R" situado en el percentil 95* de una figura masculina de talla media (más o menos a unos 10 centímetros sobre la cadera de un varón adulto sentado).

Como complemento a estas pruebas se realizan otras para comprobar la protección a peatones en atropellos, la prueba de choque trasero para evaluar principalmente los daños a los pasajeros en el cuello y la espalda y las pruebas para verificar el funcionamiento de diversos elementos de seguridad activa, tales como el control de estabilidad y el limitador de velocidad.

Tipos de pruebas de choque

Las pruebas de choque de un vehículo son parte fundamental del proceso de diseño y de la posterior homologación del mismo; ya que todos los vehículos fabricados deben ajustarse a una serie de estándares fijados por la ley, so pena de no obtener la homologación necesaria para poder comercializarse. Para disponer de un marco lo más completo posible, hay que tener en cuenta la enorme variedad de accidentes reales que dependen de las distintas velocidades a las que se pueden producir los choques, de los diferentes tipos de obstáculos encontrados (fijos, móviles, y más o menos deformables), y de las características físicas de los ocupantes del vehículo. Con tal complejidad, el nivel de seguridad pasiva de un automóvil sólo puede establecerse gracias a la repetición de una larga serie de pruebas (más de 100 ensayos). Los fabricantes suelen realizar más de 40 tipos distintos de choques para cualificar cada uno de sus modelos. Cada una de estas pruebas no se realiza una sola vez, sino que se repite en las distintas fases de desarrollo del coche, desde los prototipos hasta los modelos de serie. Asimismo, después de entrar en producción se efectúan habitualmente muestreos de todos los vehículos para comprobar que se ajustan a las especificaciones de diseño. Como idea de lo representativas (en la casuística) que resultan este tipo de pruebas, baste como dato que un choque a 50 km/h contra un obstáculo fijo no deformable corresponde aproximadamente a la colisión de dos coches (idénticos y del mismo peso) ambos lanzados uno contra el otro a 50 km/h. La energía desarrollada prácticamente equivale a la que se obtiene del choque a 100 km/h de un coche contra otro coche parado.

El diseño de las diferentes pruebas de choque se realiza en base al estudio de las estadísticas de los tipos de choques más habituales. De su análisis se desprende que más de dos tercios de los accidentes producidos afectan a la parte delantera del vehículo frontalmente o de modo oblicuo (en cuyo caso repercutirán respectivamente en toda la anchura del mismo o sólo en una parte). Todos estos choques suceden entre vehículos de distintos tamaños y a velocidades diferentes.

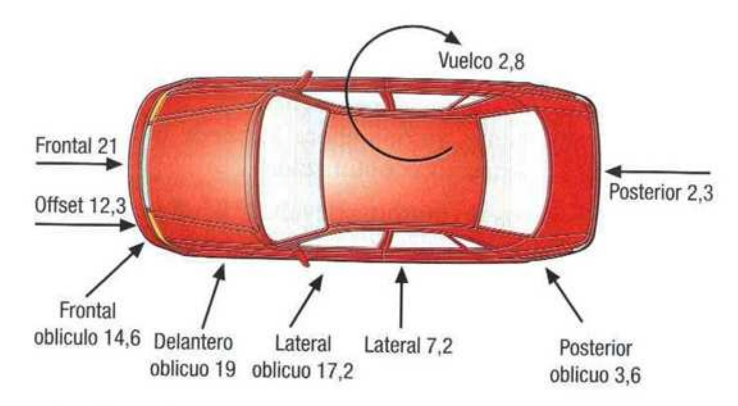


Figura 1.79. Estadísticas de choques más habituales

* Término que representa cada uno de los noventa y nueve valores que resultan de dividir una distribución en cien partes de igual frecuencia. Como ejemplo, cuando se valora la ergonomía y la habitabilidad de un vehículo (haciendo referencia a la población y tomando como dato la estatura media), si se garantiza una postura correcta desde el 2,5 al 95 percentil, quiere decir que se dejan fuera los individuos por debajo de 148 cm (que representan el 2,49% de la población, y los que están por encima de 191 cm (que representan el 4,99%).

Si bien existe una gran variedad de ensayos, las únicas pruebas homologadas por la reglamentación europea vigente consisten en analizar los aspectos biomecánicos y de estructura que se desprenden de sendos test de impacto frontal y lateral. En general, los objetivos que se persiguen en las diferentes pruebas de impacto son:

- En los choques frontales se busca optimizar los refuerzos de la estructura portante y conseguir unos medios de retención adecuados.
- En los choques laterales se intenta evitar la intrusión en el habitáculo.
- En el caso de los vuelcos, lo que se pretende es limitar las deformaciones del habitáculo por aplastamiento.
- En los choques traseros se estudia el comportamiento del reposacabezas y del depósito de combustible y sus canalizaciones.

Prueba de impacto frontal

Las estadísticas de accidentes demuestran que casi dos terceras partes de las colisiones son frontales, y la mitad de ellas presentan una cobertura de entre el 30 y el 50 por ciento de la superficie frontal.

Para comprobar los efectos de este tipo de colisiones se realiza una prueba que consiste, según la norma ECE R94 de la directiva 96/79 CE, en un choque frontal desalineado a una velocidad de 64 km/h contra una estructura deformable con una configuración de panal (que simula otro vehículo) y que afecta al 40% de la parte delantera del automóvil en el lado del conductor ("offset") (es como si el conductor hubiese tenido tiempo de girar el volante para evitar un impacto totalmente frontal).

En este tipo de choque, el desarrollo de la prueba se realiza con dos maniquíes o *dummies* colocados en los asientos delanteros con los correspondientes sistemas de retención (hay otro tipo de ensayos complementarios a los de homologación que incluyen un maniquí de la medida de un niño de 3 años colocado detrás del conductor, y otro de 18 meses detrás del pasajero, cada uno situado en una silla especial para su edad, y aunque a veces no disponen de sensores como los "mayores", la grabación del choque permite analizar su comportamiento). Los maniquíes están dotados de una serie de sensores para medir las fuerzas y aceleraciones a que se ven sometidas en un choque las diversas partes de su anatomía como: tórax, cabeza, cuello, tibia y fémur.

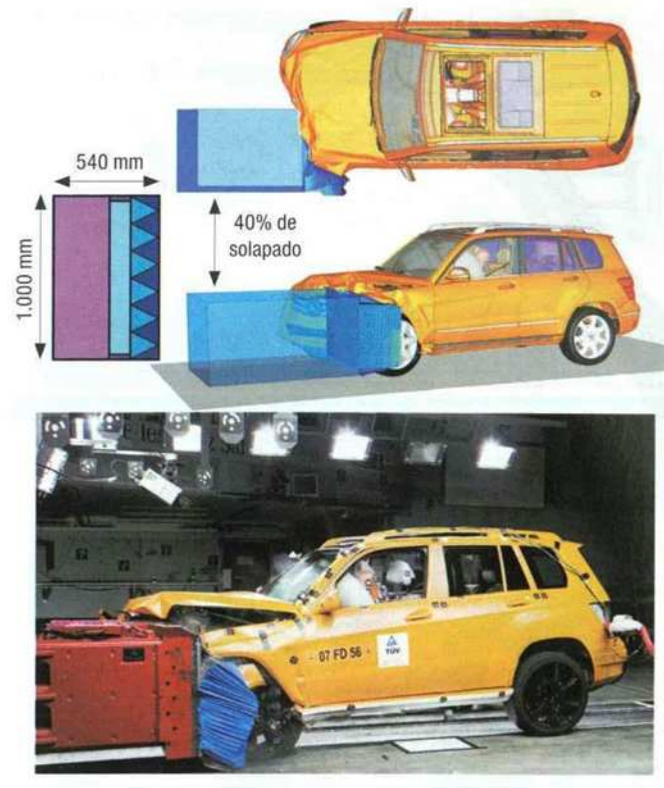


Figura 1.80. Crash test frontal offset

Como resultado del choque, la energía cinética es absorbida por la deformación del paragolpes delantero, del frontal y, en casos graves, también por la zona delantera del habitáculo (zona de la pared del salpicadero). La longitud de la parte delantera se comprime de 40 a 70 centímetros (según la concepción del vehículo: forma de la carrocería, tipo de tracción, posición del motor, masa y dimensiones). También el motor, los ejes y las ruedas absorben energía. La columna de dirección, por su parte, debe doblarse de tal manera que el volante sólo se desplace unos pocos centímetros (como máximo 10) en dirección al conductor. En caso de fuerte deformación, los pedales deben subir quedando apoyados contra el salpicadero, siempre y cuando su alojamiento esté diseñado convenientemente.

A continuación se enumeran de forma resumida los aspectos de seguridad que debe superar el vehículo en este tipo de choque:

- Durante el ensayo no deberá abrirse ninguna puerta ni accionarse fortuitamente los sistemas de bloqueo de las puertas delanteras.
- Después de la colisión debe abrirse como mínimo una puerta delantera y otra trasera (sin ser necesario utilizar ningún tipo de herramientas) para poder extraer a los maniquíes del vehículo liberándolos



Figura 1.81. En caso de impacto frontal, el volante y el grupo de pedales deben desplazarse para no dañar al conductor

previamente de sus sistemas de retención, para lo cual será necesario aplicar una fuerza máxima de 60 N sobre el dispositivo de apertura. Asimismo, en caso necesario se podrán inclinar los respaldos de los asientos (o los propios asientos) para evacuar a todos los ocupantes.

- El desplazamiento del volante no será superior a 80 mm hacia arriba ni a 100 mm hacia atrás.
- Durante el choque no se desprenderá ninguna pieza o componente interior que pueda aumentar el riesgo de lesión al impactar sobre el maniquí.
- Sólo se admitirán pequeñas fugas de combustible del orden de (0,5 gr/s).

Por lo que respecta a los datos registrados por los maniquíes, las zonas más expuestas en este tipo de choque son: la cabeza, el cuello, el tórax y las piernas. En este tipo de impacto, los movimientos de flexión sobre el cuello, la compresión sobre el tórax, el fémur, la tibia y el desplazamiento de la articulación de la rodilla no superarán unas medidas establecidas. En general, los parámetros que se miden para evaluar las consecuencias de una colisión frontal son:

- Cabeza: según criterio HIC 36.
- Cuello: tensión, extensión y fuerza cortante.
- Tórax: compresión y criterio viscoso.
- Parte superior de la pierna: fuerza sobre el fémur y fuerza en la rodilla.
- Parte inferior de la pierna: compresión de la tibia.
- Pie y tobillo: intrusión de la plataforma bajo los pies y desplazamiento del pedal de freno.

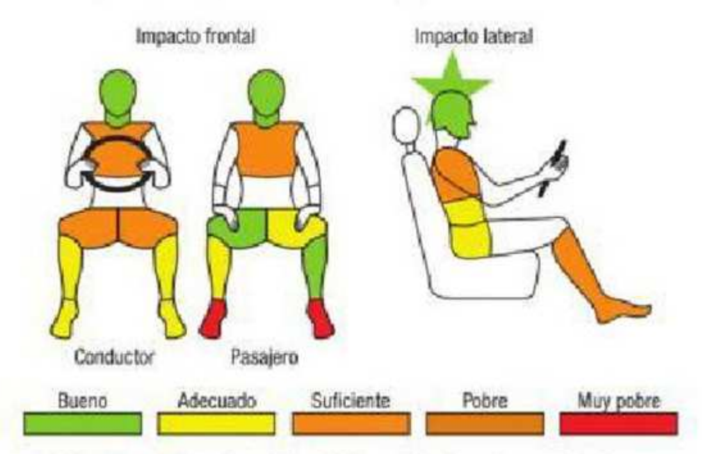


Figura 1.82. Evaluación del grado de afectación (por zonas) de los ocupantes del vehículo en los crash test

Una vez efectuado el choque, el habitáculo debe permanecer intacto. Esto concierne fundamentalmente a:

- La zona de la pared frontal (desplazamiento de la instalación de dirección, panel de instrumentos, pedales y contracción del espacio para los pies).
- El suelo (hundimiento o inclinación de los asientos).
- La pared lateral (apertura de las puertas después del accidente).

Prueba de impacto lateral

Según el análisis estadístico, los choques laterales representan el 25 por ciento de todos los accidentes. En este caso es mucho más difícil la protección de los ocupantes del vehículo. La colisión lateral entraña un elevado riesgo de lesiones, provocado por la limitada capacidad

de absorción de las piezas de la estructura y del revestimiento y las grandes deformaciones que de ello resultan en el habitáculo. En estos casos, sólo se puede contar con un reducido volumen deformable. El punto neurálgico son las puertas, que para proporcionar una protección eficaz deben mantenerse sujetas a las columnas (pilares) por medio de mecanismos de cierre y bisagras extremadamente robustas. La rigidez de las puertas, así como la solidez de los largueros que las unen y del techo, determinan la resistencia de la célula o habitáculo de pasajeros.

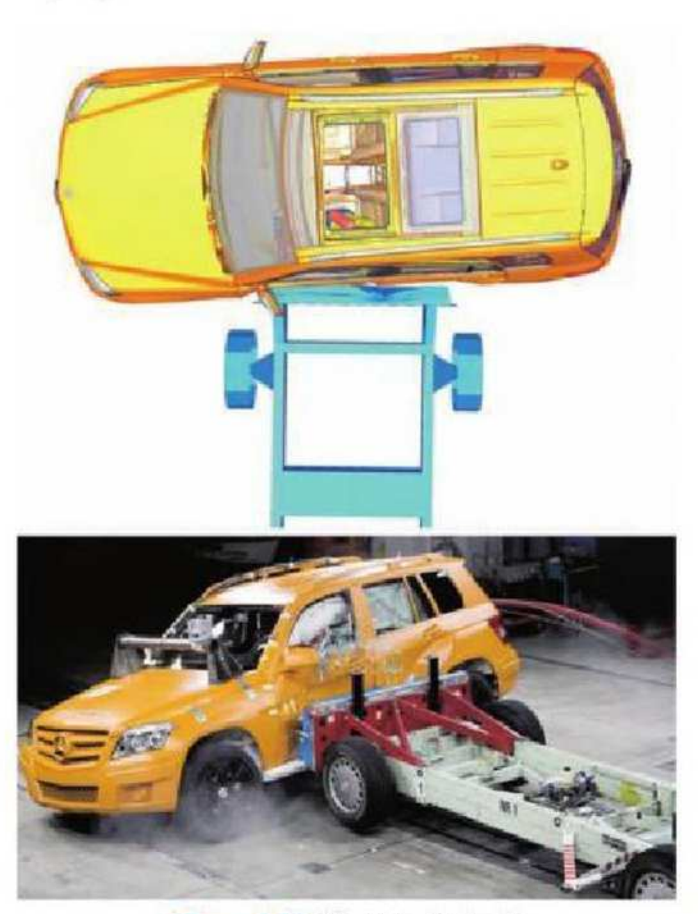


Figura 1.83. Crash test lateral

En este contexto, el diseño de los asientos ha demostrado revestir también excepcional importancia. En la actualidad la máxima seguridad la proporcionan los asientos con sistema de cinturón integrado (asientos integrales), que disponen de una unión muy firme al piso y refuerzos muy estudiados para aumentar la seguridad en dicha zona. El cinturón integrado en el asiento hace necesaria esta rigidez estructural; ya que al fin y al cabo, todas las fuerzas que actúan sobre el cinturón influyen en la construcción del asiento y del piso.

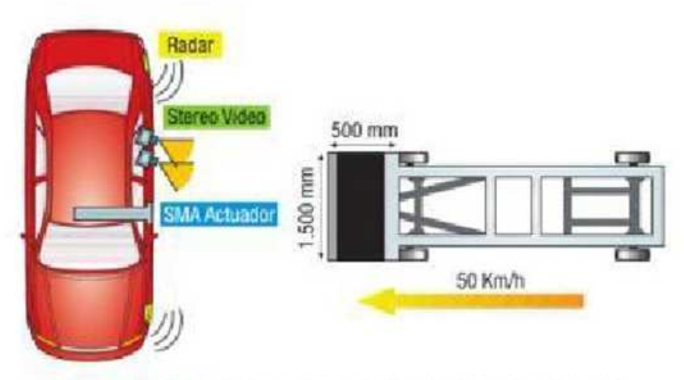


Figura 1.84. Características del crash test lateral

En las pruebas estáticas de colisión lateral, reguladas por la norma ECE R95 de la directiva europea 96/27/CE, el vehículo recibe un impacto perpendicular por el lado del conductor. El golpe se produce mediante una carretilla móvil deformable de 30 cm de altura y 950 kg, que se desplaza a 50 km/h. De esta forma, se verifican aspectos tales como la resistencia de las puertas o los anclajes del cinturón de seguridad.

En relación a la prueba en sí misma, los requisitos que debe superar el vehículo son muy similares a los relacionados en el caso del test frontal.

Por lo que respecta a los datos registrados por los maniquíes, las zonas más afectadas en este tipo de choque son: la cabeza, el tórax, el abdomen y la pelvis, que no deberán sufrir fuerzas que superen los límites establecidos.

Los parámetros que se miden para evaluar las consecuencias de una colisión lateral son:

- Cabeza: según criterio HIC 36.
- Cuello: tensión, extensión y fuerza cortante.
- Tórax: compresión y criterio viscoso.
- Abdomen: fuerza abdominal total.
- Pelvis: fuerza púbica.

Los puntos resistentes estructurales se centran principalmente, en este caso, en la resistencia de la estructura de la pared lateral (uniones superiores e inferiores de los montantes, y fijación de las puertas a los montantes), la capacidad de carga de los travesaños del piso y del asiento, y también el tipo de revestimiento interior de la puerta.

Además de la prueba de impacto lateral descrita anteriormente, también suele realizarse una variedad estática de la misma consistente en un impacto lateral contra un poste. Con esta prueba además de verificarse la eficacia de los airbags laterales y el comportamiento

del capó, el problema principal que se ha de solucionar es hacer que las puertas no cedan, sino que transmitan lo más rígidamente posible las solicitaciones a la estructura del vehículo. La prueba se realiza a 29 km/h contra un poste relativamente estrecho para que exista una mayor penetración hacia el interior del habitáculo. En un impacto sin airbag, la cabeza del conductor podría golpearse contra el poste con suficiente fuerza como para causar una lesión extremadamente importante.

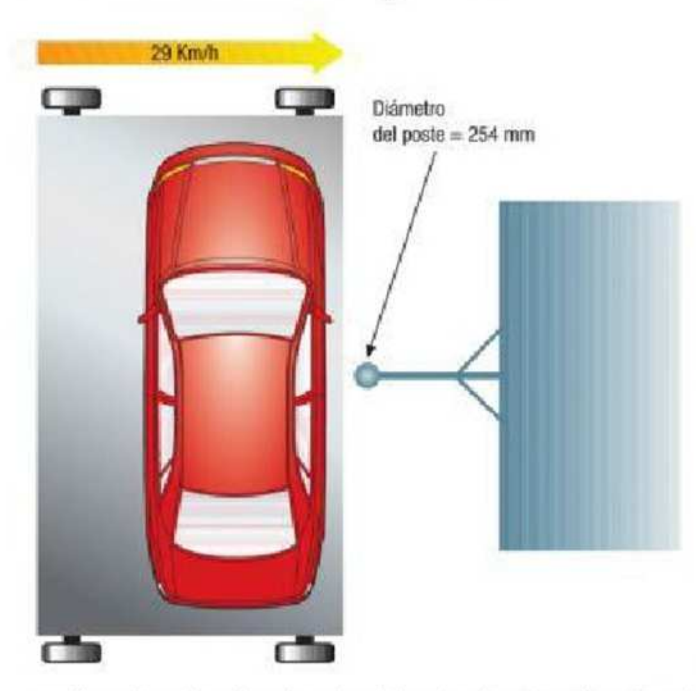




Figura 1.85. Crash test lateral contra un poste

Con el fin de analizar en profundidad el comportamiento de la carrocería, se realizan más pruebas de choque complementarias, entre las que destacan:

▸ Prueba de impacto trasero

Por lo que respecta a las pruebas estáticas de colisión trasera, reguladas por la norma ECE 32/34, el vehículo recibe un impacto mediante una carretilla móvil deformable a una velocidad de 35/38 km/h. En este caso no debe producirse apenas deformación del habitáculo, las puertas deben poder abrirse, la tapa del maletero no debe introducirse en el habitáculo a través de la luneta trasera y la instalación de combustible debe permanecer estanca. Asimismo, el reposacabezas debe evitar la hiperextensión del cuello de los ocupantes.

Una variedad de esta prueba consiste en el impacto delantero o trasero a baja velocidad (8 km/h) contra un poste rígido, en la que se analiza sobre todo la resistencia de los siguientes elementos: paragolpes trasero, travesaño trasero, largueros traseros y capó o portón trasero.



Figura 1.86. Crash test trasero



Figura 1.87. Crash test a baja velocidad

▸ Prueba de vuelco

Los tests de vuelco (roll-over test) ponen a prueba la rigidez de la estructura del techo. Este tipo de choque suele realizarse mediante varios procedimientos. Uno de ellos consiste en lanzar el vehículo a 50 km/h (mediante un mecanismo de arrastre) hasta un plano inclinado si-

tuado en uno de los lados de rodadura. Esta inclinación ocasiona el vuelco del vehículo, que sale lanzado hacia una red de retención.



Figura 1.88. Crash test de vuelco

En otras ocasiones el vehículo se somete a una caída libre desde 50 centímetros de altura sobre la esquina delantera izquierda del techo. El habitáculo no debe sufrir graves deformaciones, ni siquiera en este caso.

Para disminuir el riego de lesiones por deformación del habitáculo, es preciso que el techo y los montantes dispongan de una rigidez óptima. Con el fin de mejorar el grado de rigidez del techo, también se efectúa el test estático de aplastamiento que consiste en realizar una serie de esfuerzos de compresión aplicados sobre los montantes (largueros de techo) para analizar su resistencia y grado de deformabilidad.



Figura 1.89. Crash test estático de aplastamiento de techo

Prueba de prevención contra el riesgo de incendio

En la actualidad, el elevado número de dispositivos eléctricos/electrónicos y la presión a la que circula el combustible, hacen indispensable un estudio minucioso en la fase de diseño encaminado a reducir los riesgos de incendio del vehículo. Por ello, algunos fabricantes someten a los vehículos que han sufrido un test de choque, a una prueba de vuelco estático para identificar y eliminar posibles pérdidas de combustible.



Figura 1.90. Test de pérdida de combustible

Prueba de atropellos a peatones

Por último, se realizan los test de atropellos a peatones mediante la utilización de maniquíes con forma adulta y con morfología de niños que son golpeados por los coches en una colisión a 40 km/h, analizando en cada caso las lesiones producidas fruto de los perfiles exteriores del vehículo.





Figura 1.91. Test de atropellos de peatones

Los maniquíes (dummies)

Todas las soluciones adoptadas en materia de seguridad han de referirse al hombre como etapa final en todas las medidas en materia de seguridad pasiva. Con este fin se utilizan unos maniquíes "biofieles" que simulan las reacciones del cuerpo humano en caso de accidente. Todos estos maniquíes forman una gran familia, es decir, tienen características parecidas a las del cuerpo humano, presentando diferencias en cuanto a sexo y edad. Su función se asemeja a la de los pilotos de pruebas y su trabajo consiste en proporcionar a los técnicos información para mejorar continuamente la estructura portante y de los sistemas de sujeción.



Figura 1.92. Dummies

Para conseguir esta información es indispensable disponer de instrumentos que permitan evaluar que los valores límite de las fuerzas de las aceleraciones y de los aplastamientos, que se ejercen en las distintas partes del cuerpo humano durante una colisión, se mantengan dentro de los límites establecidos. Con este fin, los maniquíes van dotados de una serie de sensores que miden los datos durante la realización de los choques y los transmiten a los equipos de registro.

A nivel de constitución, tomando como ejemplo el modelo "Hybrid III", su esqueleto suele construirse principalmente de acero (con piezas de aluminio, latón y fundición) y de goma (vinilo y materiales esponjosos) todo lo que le rodea. La cabeza está construida de aluminio cubierta de goma con una flexibilidad y dureza similar a la carne humana. Además dispone de masas suspendidas cuyo comportamiento inercial en caso de colisión es muy similar a las vísceras del cuerpo humano.

Aparte del modelo Hybric III, hay dummies específicos para ensayos concretos, como el ES-2 y el SID (Side Impact Dummy) utilizados en pruebas de impactos laterales, que están equipados con simuladores de costillas, columna vertebral y órganos internos para analizar los efectos secundarios en colisiones. También están el BioRID utilizado en pruebas de impacto trasero y el CRABI, un dummy con morfología de niño para comprobar el funcionamiento del cinturón de seguridad y los airbag.

El modelo denominado "Thor" representa la evolución de estos dispositivos, consiguiendo un aumento de sofisticación sobre sus predecesores al incorporar más de cien canales de datos, instrumentación muy sofisticada (acelerómetros en columna, pecho, abdomen, etc.), mejoras en los movimientos de la cabeza y el cuello, etc.

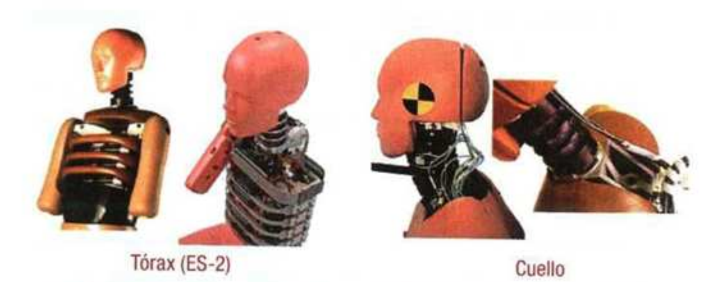
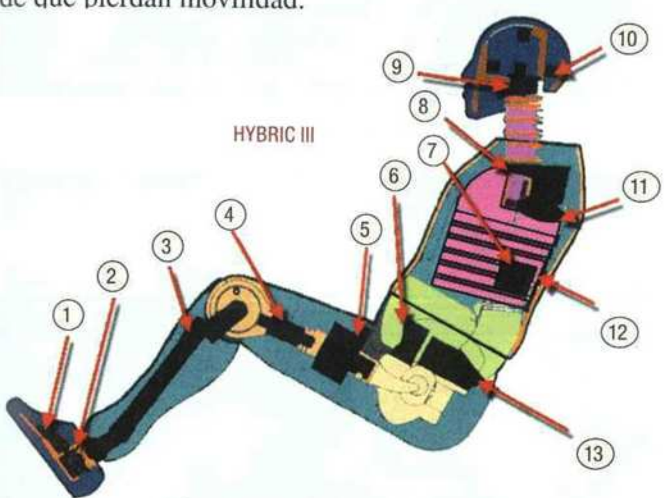


Figura 1.93. Detalles constructivos de los dummies

En el interior del Hybric III se sitúan tres acelerómetros dispuestos en los tres ejes espaciales (X, Y, Z), que suministran individualmente datos de fuerza y aceleración, resultando de gran ayuda para determinar las consecuencias sobre el cerebro en caso de colisión. Por lo que respecta al cuello y tórax, dispone de elementos para medir y detectar cómo se dobla, la fuerza y la tensión que realiza, y si la cabeza es lanzada hacia atrás o hacia delante durante el impacto. Los brazos no suelen llevar ningún tipo de instrumentos, ya que en caso de golpe no disponen de muchas posibilidades de protección. En cuanto al tórax, está elaborado con costillas de acero que tienen incorporadas en su cavidad un equipo de grabación de datos para registrar todo lo que sucede durante un impacto frontal. Para los impactos laterales, los maniquíes utilizados (ES-2) tienen una forma de tórax distinta a los demás, puesto que el equipo de grabación se dispone de forma diferente para registrar todo lo que ocurre sobre el pecho en la zona lateral. El abdomen está equipado con sensores para registrar la fuerza que causa las lesiones laterales. La pelvis tiene instrumentos ajustados que graban la fuerza lateral que puede

ocasionar fracturas y dislocaciones de cadera. La parte superior de la pierna comprende un área que incluye la pelvis, el fémur y la rodilla; en el fémur se introduce un instrumento que registra todos los impactos frontales de todas las secciones. La parte baja de la pierna dispone de instrumentos colocados en su interior que registran si se doblan, comprimen o se produce tensión, sobre todo en la tibia y el fémur. En lo que respecta a los pies, los maniquíes también miden su distorsión y la posibilidad de que pierdan movilidad.



1. Célula de carga del dedo del pie.
2. Célula de carga del tobillo.
3. Instrumentos de la parte inferior de la pierna.
4. Célula de carga del fémur.
5. Célula de carga de la parte superior del fémur.
6. Célula de carga de la espina ilíaca anterior superior.
7. Célula de carga de la espina torácica.
8. Celula de carga de la parte inferior del cuello.
9. Célula de carga de la parte superior del cuello.
10. Conjunto de acelerómetros de la cabeza.
11. Célula de carga de la clavícula.
12. Célula de carga de las costillas.
13. Célula de carga de la espina dorsal.

Figura 1.94. Constitución del dummy *Hybric III*.

Aparte de los sensores electrónicos, los maniquíes también disponen de referencias visuales en la cara y distintas partes del cuerpo a base de cuadrículas adhesivas de impacto (targets) que se utilizan como referencia para determinar durante la filmación del choque cuál ha sido el desplazamiento de ese punto en concreto (también se aplican sobre la carrocería del vehículo de prueba). En otros casos, se recurre a zonas coloreadas con una pintura especial, que permiten detectar, mediante la observación, si ha existido algún impacto en esa zona en concreto, y la zona del vehículo sobre la que ha impactado.

Para mantener el grado de minuciosidad en las informaciones, los maniquíes deben calibrarse con frecuencia utilizando un completo laboratorio de ensayo. En las pruebas de calibración se analizan cada una de las partes de su "anatomía" (cabeza, cuello, torso, piernas, etc.) para verificar que la reacción frente al impacto sigue siendo equivalente a la de un ser humano.

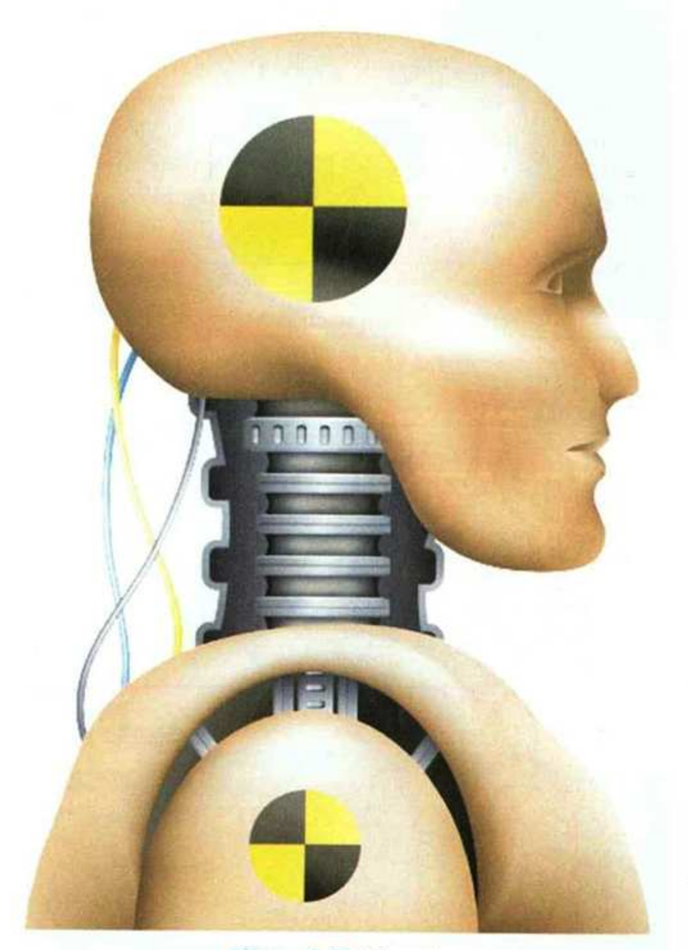


Figura 1.95. Targets

A veces los ensayos se completan utilizando pilotos humanos cargados igualmente de instrumentos de medición, que registran el comportamiento y las reacciones que sufre el cuerpo frente a fuerzas elevadas de aceleración y deceleración, así como los desplazamientos que se producen producto de las inercias.

Uno de los campos de investigación en seguridad más innovadores que se están desarrollando se traduce en la digitalización del cuerpo humano.

Hasta ahora, las pruebas de choque (crash test) se realizaban únicamente con maniquíes instrumentados, pero desde la llegada de los superordenadores, además se realizan simulaciones numéricas (accidentes digitales).

Para una perfecta compenetración, es preciso utilizar un maniquí virtual "NUM" que permite integrar los

datos del comportamiento de un "cuerpo humano" en un accidente simulado por ordenador.



Figura 1.96. Dummy. Zonas coloreadas para detectar afectación

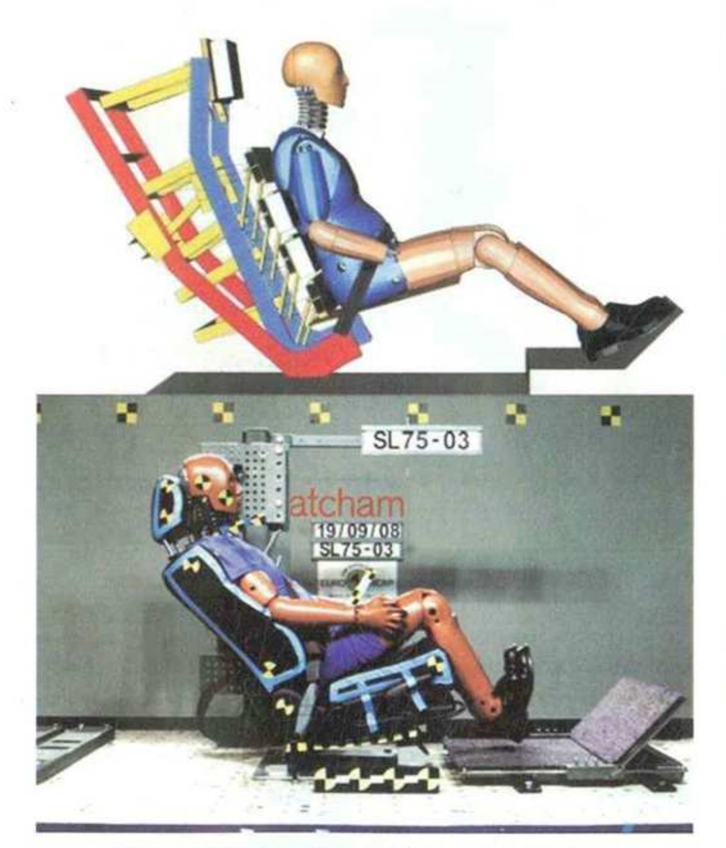


Figura 1.97. Pruebas estáticas con dummy

Los test realizados con el "NUM" prueban que el modelo digital es mucho más "correcto biomecánicamente" que los maniquíes usados hasta ahora y procura mejor información del comportamiento del cuerpo humano en caso de accidente, ya que el "NUM" es mucho más complejo que los "dummies" utilizados en los crash test reales.

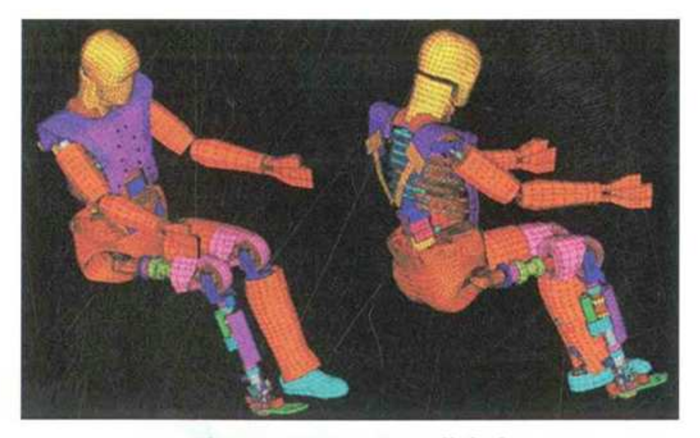


Figura 1.98. Dummy digital



Figura 1.99. Pruebas conjuntas con dummies y personas

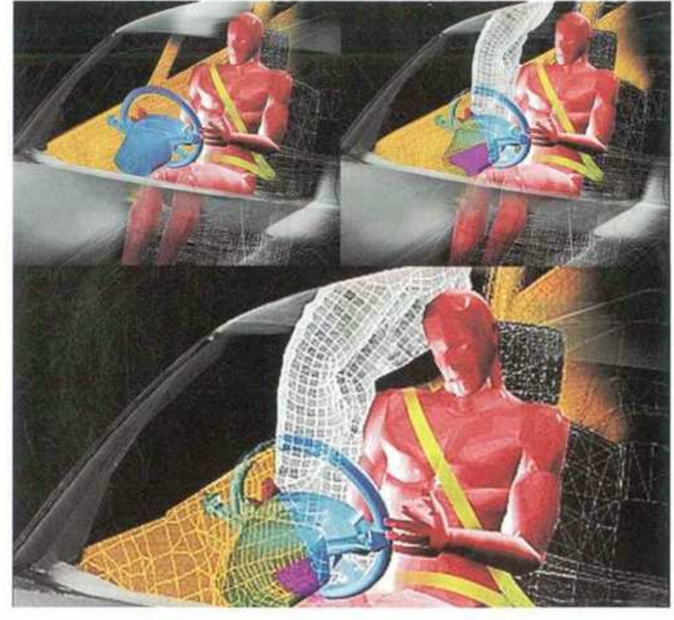


Figura 1.100. Simulación con "NUM"

Las instalaciones para pruebas de crash test

Las pruebas de choque se realizan en instalaciones especiales (laboratorios) dotadas, entre otros, de los siguientes medios:

- Equipo de guiado del vehículo.
- Equipo de vídeo/fotografía.
- Equipo de iluminación.
- Equipos de impacto: muros, carretillas de impacto, plataformas de vuelco, etc.
- Cabina de mando.
- Cabina de medición.

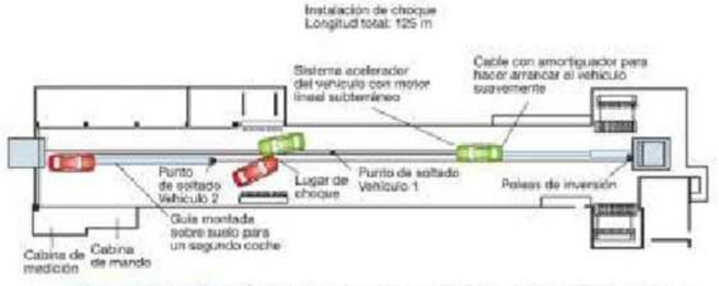


Figura 1.101. **Plano de la pista de lanzamiento de una instalación de crash test**



Figura 1.102. **Instalaciones de pruebas de crash test**

La secuencia habitual del desarrollo de una prueba de choque consta de las siguientes fases:

1. Calibrar los maniquíes de prueba (*dummies*) y preparar su instrumentación.
2. Colocar sobre el maniquí los "targets" (o colorear) en zonas determinadas en función del tipo de análisis a realizar.
3. Instalar los elementos de medición y registro sobre el vehículo.
4. Ubicar los maniquíes en los asientos correspondientes, controlando minuciosamente su posición para poder registrar de forma correcta los movimientos efectuados durante la prueba.
5. Conectar el potente equipo de iluminación y colocar correctamente las cámaras rápidas del equipo de filmación, en función del tipo de choque.
6. Colocar el vehículo sobre la catapulta de lanzamiento o área de impacto (según la naturaleza de la prueba a realizar).
7. Fase de impacto.







Figura 1.103. **Secuencia de crash test**

Durante el impacto, que sólo dura un instante (menos de un segundo), los maniquíes registran todos los daños que sufren en las diferentes partes del cuerpo, que en este caso se centrarán sobre todo en los datos de aceleraciones de la cabeza y el pecho, así como las fuerzas sobre los muslos. Durante la prueba todo queda grabado en vídeo y en una película fotográfica con extrema nitidez (a través de cámaras de alta velocidad de más de 1.000 imágenes por segundo). Después de la colisión, los expertos miden y examinan minuciosamente el estado final del vehículo; las mediciones de las aceleraciones, la lectura de las informaciones grabadas, y la observación de las películas a cámara lenta (imagen a imagen) permiten analizar exactamente el comportamiento a la deformación.

Según las normas europeas, un vehículo se considera seguro cuando a raíz de una colisión frontal, las posibilidades que tiene el conductor de sobrevivir sin costillas rotas y sin ninguna lesión interna son superiores al 50%.



Figura 1.104. Observación directa de los resultados del crash test

1.3 Carrocería: fabricación y materiales empleados

La chapa de acero se suministra al fabricante de vehículos en forma de bobinas o en piezas prerrecortadas según las piezas a estampar (el tipo de material en función de la protección anticorrosiva en origen se describe en los libros de Elementos Fijos y Preparación de Superficies de esta colección). Tomando como referencia el material servido en bobinas, el primer paso consiste en enderezar la chapa mediante una serie de rodillos para deshacer la curvatura. A continuación se procede al recorte en cizallas automáticas de las piezas de chapa (según las dimensiones de la pieza a fabricar) para ser introducidas en la cadena de embutición. Cada recorte de chapa se introduce en el interior de una prensa tipo "transfer" que dispone de varias matrices en línea, cada una encargada de realizar una secuencia en el conformado total de la pieza (la pieza se desplaza de una matriz a la siguiente). El tener que realizar el conformado de una pieza en varias fases viene dado porque algunas formas no pueden obtenerse con un solo golpe, sino que es necesario diseñar adecuadamente la forma de las matrices para permitir que el material fluya plásticamente sin alcanzar la rotura.



Figura 1.105. Instalación de prensa tipo transfer

1.3.1. Características de las factorías

Para tener una idea de las características de las prensas de gran tamaño empleadas en las factorías de automóviles, basta enumerar los siguientes datos: una prensa transfer puede pesar 2.500 Tm, medir 50 m de largo, 12 m de alto y 10 m de ancho, y conseguir una potencia de 5.400 Tm.

Como ejemplo, el área de estampación de una factoría puede contar con:

- 5 líneas de prensas grandes.
- 1 línea de prensas pequeñas.
- 1 desapilador alimentador de doble efecto.
- 5 robots inter-prensas de extracción y alimentación.

Evidentemente la línea de grandes prensas resulta una instalación enormemente costosa, por esta razón los fabricantes sólo disponen de unas pocas unidades por factoría, por lo que para conseguir la gran variedad de piezas que conforman la carrocería, únicamente se cambian sistemáticamente las matrices de las prensas.

Una vez que las distintas piezas han sido estampadas es necesario proceder a su unión para conformar la estructura de la carrocería. En algunos casos se unen varias de ellas para componer una pieza más compleja, como es el caso de la unión por soldadura de varias chapas para formar una parte de un larguero.

El ensamblado de las diferentes piezas de la carrocería se realiza en instalaciones distribuidas en zonas diferenciadas:

- Áreas o líneas dedicadas a los elementos amovibles de la carrocería como: puertas, capós, portones, etc.
- Áreas dedicadas a elementos o subconjuntos integrantes de la carrocería como: plataformas, paneles laterales, etc.
- Áreas dedicadas a la conformación y soldadura de la carrocería. En estas líneas se unen los grandes subconjuntos como: basamento, paneles laterales, techo, etc.



Figura 1.106. Línea robotizada de soldadura

- Áreas de acabado donde se le añaden a la caja ya conformada los elementos separados y se finaliza el conjunto.

Como ejemplo, el área de ensamblaje automatizado de una factoría puede disponer de:

- 80 robots de soldadura.
- 4 robots de control geométrico de la carrocería.
- 5 robots de manipulación.
- 11 transfers mecanizados.
- 15 aerovías.
- 48 autómatas.
- 2 prensas de soldadura.
- 7 minisistemas con ordenadores industriales.

A nivel constructivo, la carrocería autoportante consta de cuerpos huecos de chapa y de láminas que se unen en las instalaciones de soldadura continua o por puntos múltiples realizados por robots, ya que su introducción en las cadenas de montaje supone una rapidez y exactitud de ensamblado difícil de conseguir por otros medios. Según el vehículo, se necesitan aproximadamente 5.000 puntos de soldadura a lo largo de 120 a 200 m de borde de chapa. La anchura de pestaña solapada suele estar comprendida entre 10 y 18 mm. Las piezas exteriores de la carrocería (aletas delanteras, puertas, capó del motor, y tapa del maletero) suelen ir atornilladas sobre la carrocería. La soldadura proporciona alta resistencia mecánica y buena transmisión de esfuerzos entre las distintas piezas estructurales (fijas), y las uniones atornilladas, sin embargo, proporcionan una excelente reparabilidad de las piezas (amovibles) tras un siniestro.

En el ensamblado de la carrocería se emplean mayoritariamente las uniones soldadas por resistencia, aunque también existen otros métodos de unión como:

- Soldadura láser. Este tipo de soldadura sólo puede ejecutarse en fábrica y se emplea generalmente para unir el techo a los montantes. La soldadura láser se emplea con el fin de mejorar la resistencia estática y dinámica de las uniones, y en las zonas en las que sólo se dispone de acceso desde un lado. Esta técnica aporta numerosas ventajas entre las que destacan:
  - Aumento de rigidez.
  - Conservación de las propiedades anticorrosivas.
  - Reduce la distorsión dimensional y las variaciones en las propiedades del material, ya que la zona de soldadura afectada por el calor tiene un área muy pequeña.



Figura 1.107. **Unión mediante soldadura láser**

- Reducción de ruidos.
- La soldadura láser (borde contra borde) de chapas con distintos espesores permite optimizar las zonas que se deben reforzar.

- Piezas pegadas. Uno de los objetivos fundamentales que se contemplan en el plan de diseño de una carrocería autoportante, consiste en que el acero con el que está construida cada pieza soporte niveles de carga equivalentes. De esta transmisión de esfuerzos se encargan fundamentalmente los puntos y cordones de soldadura. Sin embargo, este tipo de uniones suponen la concentración local de esfuerzos (tensiones). Este problema puede resolverse mediante las uniones pegadas estructurales, en las cuales se consigue que la transmisión de tensiones se "reparta", algo que tiene mucha influencia, por ejemplo, cuando ocurre un siniestro y es necesario involucrar en la deformación al mayor número de piezas posible. Los adhesivos estructurales utilizados más frecuentemente son de naturaleza "epoxi", generalmente bicomponentes, debido a su excelente resistencia al ataque químico, excelentes propiedades mecánicas y buenas propiedades de aplicación. Existen dos tipos de uniones pegadas: aquellas en las que se utiliza el adhesivo estructural para unir dos chapas, y aquellas en las que además se realizan puntos de soldadura. En ambos casos se aporta una mejora de la rigidez de la carrocería, ya que estas uniones tienen una especial resistencia a los esfuerzos de cizalladura y de tracción.
- Soldadura de latón. Este método de soldadura cobra de nuevo actualidad debido principalmente a la reducción de los huecos de las chapas para aumentar la rigidez de la carrocería, lo que elimina la posibilidad de soldar por puntos de resistencia (al no disponer de acceso a la zona de unión). Este método consiste en una soldadura continua realizada bajo atmósfera de gas protector y cuyo material de aportación es principalmente el latón.

La unión mediante soldadura por puntos, de varios subconjuntos y de otras piezas, da lugar al armazón o parte estructural de la carrocería a la cual se unen otras piezas exteriores, fijas o amovibles.

En general, los conjuntos en que puede dividirse una carrocería son cinco:

- Paneles exteriores.
- Armazón central y posterior.
- Armazón anterior o delantero.
- Armazón del piso.
- Puertas, capós y otras piezas.

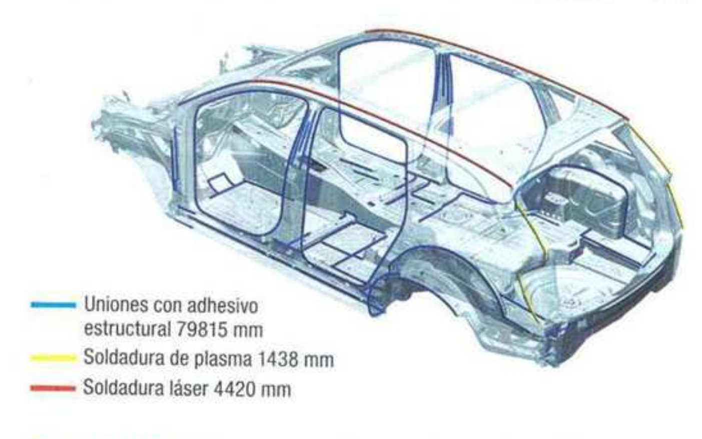


Figura 1.108. **Diferentes métodos de unión utilizados en la estructura de una carrocería**



Figura 1.109. **Componentes de la carrocería**

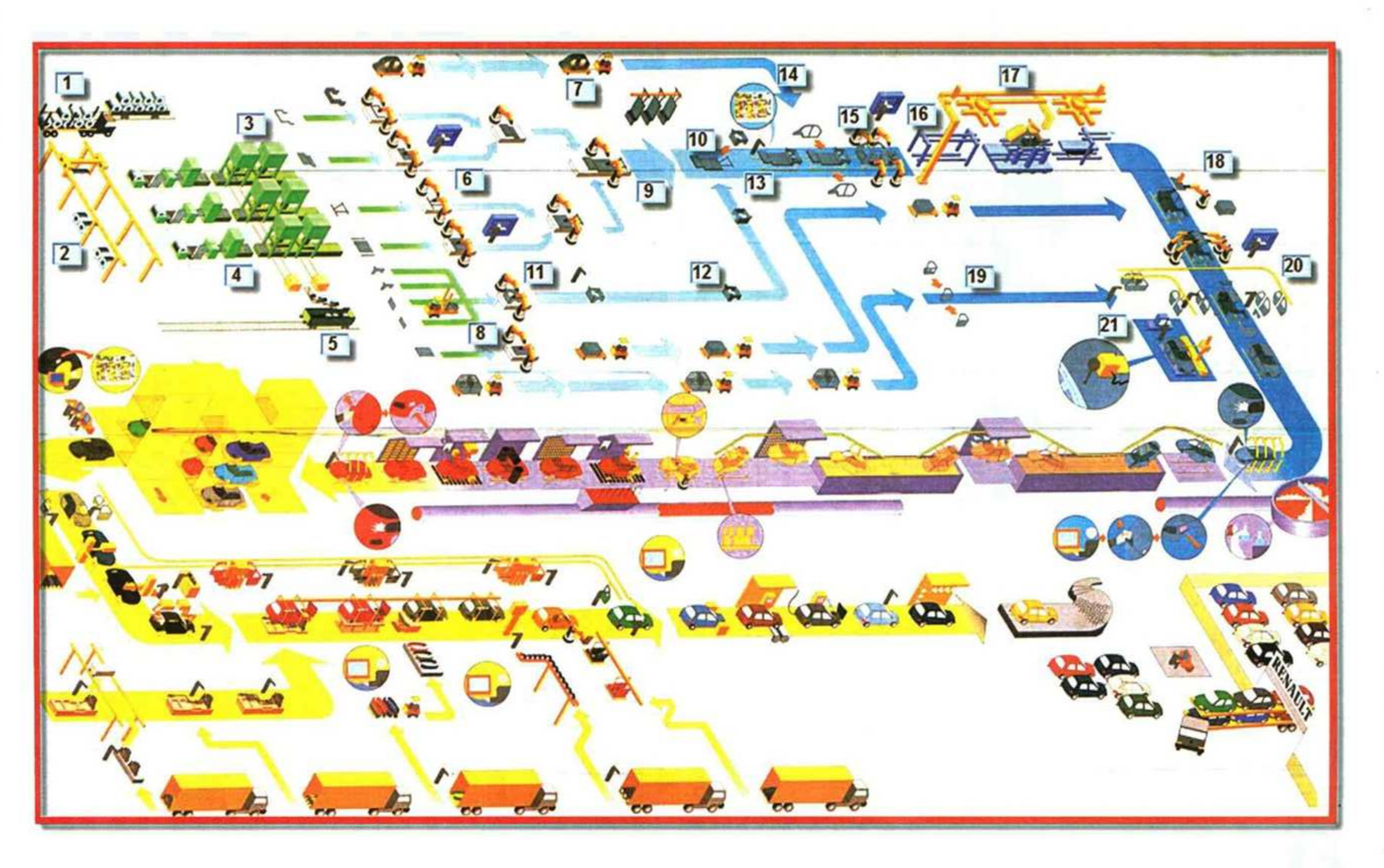


Figura 1.110. Esquema de una factoría de fabricación de vehículos. 1 Abastecimiento en chapa. 2 Stock de bobinas. 3 Líneas de prensa. 4 Troqueles de embutición en borde de chapa. 5 Evacuación de retales de chapa. 6 Islas de ensambles de units. 7 Suministro de lados de caja procedentes de la línea transfer de Robot. 8 Preparación de los techos. 9 Ensamble de pisos. 10 Pisos. 11 Ensamble de bloques delanteros. 12 Bloques delanteros. 13 Ensamble de preliminares. 14 Atribución de código chapa (futura tarjeta de aleta) en preliminar. 15 Integración de los lados de caja sobre preliminar. 16 Puesta en geometría de la caja. 17 Máquina modular de ensamble de caja. 18 Puesta del techo y soldaduras complementarias. 19 Ensamble y engastado de las puertas. 20 Cadena de ferraje. 21 Control tridimensional de la caja.

1.3.2. Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías

La resistencia y capacidad de absorción de energía de una carrocería dependen, fundamentalmente, de:

- Los materiales con los que se fabrique (en general acero y chapa de acero, aunque últimamente también se utiliza aluminio).
- Del espesor de los componentes (aproximadamente de 0,5 a 3 milímetros dependiendo directamente del esfuerzo que vaya a soportar la pieza).
- De la forma de los componentes (más o menos compleja), que marcará su capacidad para soportar cargas.

Hay que recordar que cada material tiene unas propiedades físicas y mecánicas determinadas, que le harán más o menos idóneo para una función concreta, dependiendo fundamentalmente del tipo de solicitaciones a que se encuentre sometido.

Un factor a tener en cuenta también, desde el punto de vista de seguridad, es la ligereza del mismo y su capacidad de deformación, pues cuanto menor sea la masa de la carrocería, menor será la energía a disipar para una velocidad dada.

Los materiales más utilizados (o en fase de estudio) en la construcción de carrocerías, ya sea parcial o totalmente, son: el acero, el aluminio, los plásticos y en menor medida otros materiales metálicos como el magnesio.

El acero

Para la construcción de la carrocería se utilizan corrientemente chapas de acero de diferentes calidades. Los espesores de chapa de carrocería suelen oscilar entre 0,5 y 3 mm; sin embargo, la parte principal la componen chapas de 0,8 a 1,0 mm. El acero presenta unas excelentes características mecánicas referentes a rigidez, resistencia, aptitud para el mecanizado, conformación plástica, además de ser relativamente barato de obtener. Para mejorar sus propiedades mecánicas o químicas, el acero constituye una buena base para obtener aleaciones específicas, y admite asimismo, diferentes tratamientos mecánicos o químicos.

La composición química y el proceso termomecánico determinan gran parte de las características mecánicas de los aceros. Tal y como se estudió en el libro de Elementos Fijos de esta colección, el carbono es el elemento que confiere al acero las características de dureza, aunque en este aspecto también influyen otros elementos utilizados en la aleación como el silicio, manganeso o fósforo. Para fabricar los aceros de alta resistencia se utilizan en la aleación: el titanio, niobio, cromo o boro. En las propiedades termomecánicas del acero (basadas en la estructura cristalina y granular) influyen aspectos como la temperatura de laminación, las velocidades de enfriamiento o los ciclos de recocido.



A. Pilar central construido con acero convencional (vehículo de 1990).
B. Pilar central construido con acero HSLA (vehículo de 2006). Puede apreciarse que el tamaño del pilar se ha aumentado y que también dispone internamente de 5 capas de refuerzo de aceros de diferente composición, que ayudan a absorber la energía del impacto (por eso aparecen hasta la parte media de la estructura).

Figura 1.111. Evolución del concepto de fabricación

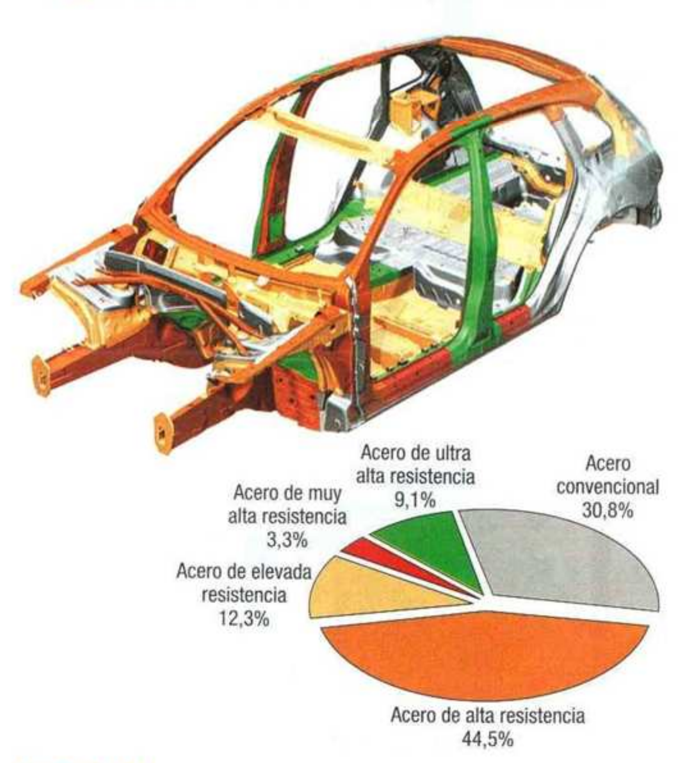


Figura 1.112. Estructura de una carrocería fabricada con diferentes tipos de aceros

Independientemente de su recubrimiento, los grandes tipos de aceros que se utilizan en la industria automovilística pueden clasificarse en:

- Aceros convencionales de conformación en frío.
- Aceros convencionales laminados en caliente y decapados.
- Aceros de alto límite elástico ALE o de alta resistencia HSS (High Strenght Steel).
- Aceros de alta resistencia y baja aleación HSLA (High Strenght Low Alloy).
- Aceros de muy alto límite elástico MALE o THLE.
- Aceros avanzados de alta resistencia AHSS (Advanced High Strenght Steel).
- Aceros de ultra alta resistencia UHSS (Ultra High Strenght Steel).
- Aceros ultrarresistentes de baja aleación UHSLA (Ultra High Strenght Low Alloy).

Hasta ahora, la mayoría de los aceros utilizados han sido los convencionales (con o sin recubrimiento), pero existe una tendencia muy importante a utilizar cada vez más aceros que ofrezcan mayor rigidez a las estructuras y mayor resistencia a deformaciones (sobre todo en las piezas exteriores de la carrocería). Estos aceros son los conocidos como de alto límite elástico (alta resistencia). Por otro lado, los aceros de alta resistencia y baja aleación resultan más baratos que los aceros aleados convencionales al contener cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, estos aceros reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono.

Básicamente, las diferencias fundamentales entre los aceros convencionales y los de alta resistencia residen en aspectos tales como la resistencia a la tracción y el límite elástico. La resistencia a la tracción o presión de ruptura es la carga máxima alcanzada durante un esfuerzo a tracción. Una vez superada ésta, se producen riesgos de rotura y alteración de forma dimensional. Asimismo, cuando se supera el valor del límite elástico, las deformaciones producidas son permanentes.

En función de este parámetro, puede realizarse la siguiente clasificación:

- Aceros convencionales. Tienen una resistencia a la tracción de hasta 210 N/mm^2.
- De 210 N/mm^2 a 550 N/mm^2 se denominan aceros de alta resistencia.
- De 550 N/mm^2 en adelante se denominan aceros de muy alta resistencia.

La utilización de aceros de alta y ultra alta resistencia permite ofrecer estructuras más optimizadas consiguiendo mejores diseños, modelos con mejor respuesta en servicio, más rígidos, seguros por la respuesta contra impactos y más ligeros.

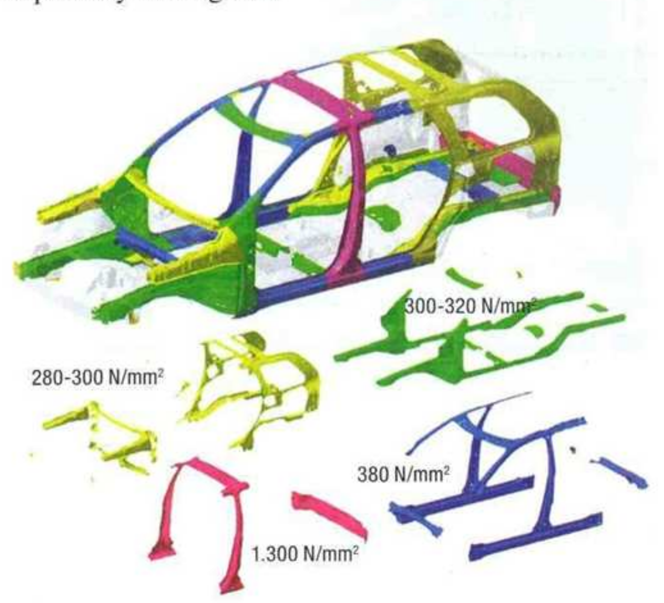


Figura 1.113. Ejemplo del valor de la resistencia a la tracción de los aceros utilizados en la fabricación de carrocerías

Entre los aceros HSLA más importantes se encuentran:

- Aceros microaleados.
- Aceros martensíticos.
- Aceros de fase doble DP (Dual Phase).
- Aceros de plasticidad inducida por transformación TRIP (Transformation Induced Plasticity).
- Aceros de fase compleja CP (Complex Phase).
- Aceros refosforados.
- Aceros Bake Hardening.
- Aceros IF (Intersticial Free).
- Aceros borados.

Otro de los tipos de aceros de uso más creciente en la actualidad son los Bake-hardening, cuya cualidad más significativa es la de ser fácilmente embutibles antes de recibir el tratamiento térmico que modificará su elasticidad. En estos casos, una vez ensamblada la carrocería y tras haber recibido el baño protector de cataforesis, se introduce en un horno a 180 ºC para secarse, a la vez que el acero varía su estructura molecular, con lo que obtiene el aumento del límite elástico. Este aumento permite reducir el espesor de la chapa y disminuir el peso de la carrocería, a la vez que se obtiene una mayor resistencia a la deformación.

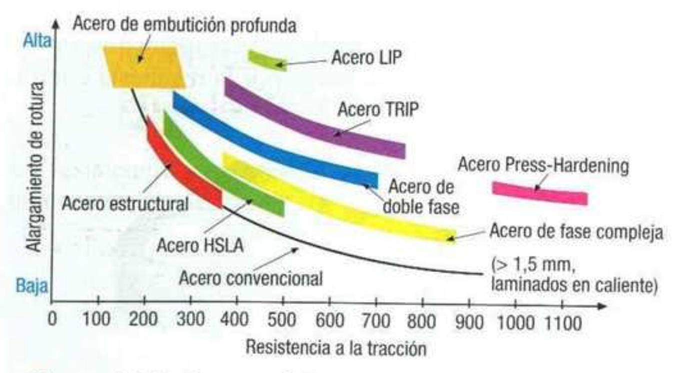


Figura 1.114. Características de algunos de los aceros más utilizados en la fabricación de carrocerías

Las chapas de acero microaleado de alta resistencia se utilizan para las piezas estructurales altamente solicitadas. Su elevada resistencia permite la reducción del grueso de chapa. Actualmente los aceros de muy alto límite de elasticidad (THLE) permiten alcanzar unos valores de rigidez 2,5 veces superiores a los aceros ordinarios. Las chapas así fabricadas pueden absorber más energía en caso de deformación.



Figura 1.115. Estructura de chasis de motocicleta fabricado en acero al cromo molibdeno



Figura 1.116. Estructura de asientos de acero de ultra alta resistencia

Los aceros de alta o muy alta resistencia se utilizan por la totalidad de los fabricantes, en porcentajes cada vez mayores, existiendo modelos que presentan hasta un 90% de este tipo de materiales sobre el total del acero utilizado en la carrocería.

El aluminio

La seguridad, las prestaciones y el confort en el mundo de los automóviles de alta gama estaban conduciendo la evolución hacia automóviles cada vez más pesados, por lo que se hace imprescindible la utilización de otros materiales más ligeros como el aluminio. Su bajo peso específico (hasta un tercio con respecto del acero), unido a su excelente relación resistencia mecánica-peso y su fácil y rentable reciclado, hacen del aluminio un material que se utiliza cada vez más en la industria del automóvil y que puede sustituir al acero en la fabricación de componentes del motor y carrocería principalmente. De hecho, las aleaciones de aluminio pueden desempeñar casi cualquier función en lugar del acero o la fundición como es el caso del bastidor. Es un metal que por su naturaleza aporta dos grandes ventajas:

- Ser más ecológico al ser reciclable en un 100%; y al ser menos pesado, consigue un menor consumo y, por tanto, disminuye el nivel de contaminación ambiental. De hecho, las nuevas directivas europeas obligan a que el vehículo sea reciclable en un alto tanto por ciento.
- Resulta más seguro al tener una deformación controlada en caso de impacto y un reducido peso que favorece la actuación de los frenos.



Figura 1.117. Carrocería fabricada con el concepto "Space Frame"

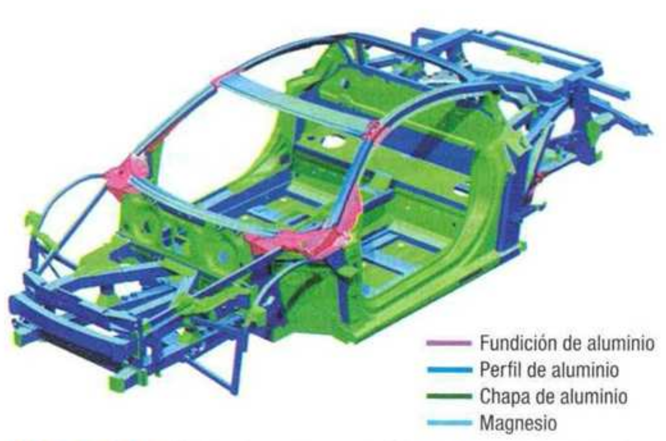


Figura 1.118. Estructura y materiales de una carrocería construida en un alto porcentaje de aluminio

No obstante, el aluminio presenta una aleación difícil para la construcción de la carrocería de un vehículo, pero mediante principios constructivos como el denominado Space Frame, es posible realizar la fabricación en serie de la misma.

La construcción basada en este método consta de perfiles extruidos de aluminio, unidos mediante nudos de fundición a presión en vacío, que rodean el compartimento de los pasajeros. Este marco extraordinariamente estable forma, junto con las chapas de aluminio, una carrocería sin superestructuras que se caracteriza por una extremada resistencia con un reducido peso (40% menos respecto a otra similar de acero).

El plástico

En la actualidad, con este material se construyen gran cantidad de elementos interiores y exteriores de la carrocería: tableros de instrumentos, consolas, revestimientos, molduras, paragolpes, aletas, retrovisores, rejillas, elementos aerodinámicos, etc. Sin embargo, su uso para la construcción integral de la carrocería sólo se reduce a aplicaciones deportivas, prototipos (sobre todo fibra de carbono y kevlar), que se montan sobre chasis (multitubulares) y vehículos de baja motorización "cuatriciclos".

El uso del plástico en vehículos de serie se ve condicionado por su capacidad de resistencia al impacto; en este caso, la absorción de energía en caso de choque se basa en la elevada flexibilidad de estos materiales. A esto se unen los notables resultados obtenidos últimamente con las pruebas de choque realizadas con prototipos fabricados con plásticos reforzados con fibra de vidrio y kevlar.



Figura 1.119. Vehículo con carrocería y chasis fabricados con materiales plásticos

Como resumen, entre las cualidades que hacen a los plásticos especialmente idóneos para la construcción de carrocería, pueden citarse:

- Excelente aptitud para el conformado (moldeado), que facilita los diseños más atrevidos.
- Gran ligereza (notable reducción de peso).
- Nula capacidad corrosiva.
- Alta inalterabilidad a los cambios de temperatura.
- Alto límite elástico (gran flexibilidad).
- Gran resistencia a productos como la gasolina, grasa y aceites.
- Perfecta aptitud para el reciclaje y reaprovechamiento de las piezas.

El magnesio

Es un metal que se caracteriza por su extraordinaria ligereza en relación al volumen (densidad 1,74 g/cm^3) y una rigidez óptima. El magnesio pesa alrededor del 60% menos que el acero, presentando poca resistencia a la flexión, a la maleabilidad, a las temperaturas elevadas y a la corrosión, por lo cual hay que recurrir a aleaciones que puedan competir con las cualidades del acero o aluminio. Suele utilizarse en construcciones mecánicas con distintas aleaciones para fabricar piezas (por fusión o por forjado según los fabricantes) como el travesaño de sujeción del salpicadero, bastidores de asientos, aros de volante, llantas, etc.



Figura 1.120. Travesaño del panel de instrumentos fabricado en magnesio

El acero inoxidable

Hasta ahora su uso en automóviles es muy limitado, utilizándose casi exclusivamente en el sistema de escape. Sin embargo, una estructura de este material podría reducir su peso entre un 40 y un 50 por ciento. Además de la capacidad anticorrosiva, este tipo de acero tiene unos niveles de resistencia superiores a otros aceros, y unas buenas propiedades de ductilidad y reparabilidad. En cualquier caso, su precio resulta excesivo, aunque bien es verdad que se necesitaría menos cantidad de material ya que es más resistente.

En cuanto al proceso de ensamblaje se refiere, para hacer los módulos de la estructura se unen perfiles finos de acero inoxidable a nodos de fundición de pared delgada.



Figura 1.121. Vehículo con carrocería fabricada con acero inoxidable

Nuevos materiales

Las últimas investigaciones en este campo se centran en los denominados "materiales activos" o "metales con memoria". La peculiaridad fundamental de este tipo de material reside en el cambio que experimentan como respuesta a determinados estímulos controlados. Esto da lugar a características tan notables como el tener propiedades variables y cambios automáticos de forma. El material de partida es una aleación de níquel y titanio, cuya principal característica es que si se calienta después de haber sufrido una deformación, recupera en gran medida su forma original.

Tendencias en el uso de materiales

En general, en términos comparativos, el acero (tanto el de alto o muy alto límite elástico como el de baja aleación) sigue siendo el material más utilizado por los constructores, debido fundamentalmente a su resistencia y precio. Como inconvenientes más significativos frente a otros materiales como el aluminio o los plásticos, pueden citarse su peso y su baja capacidad anticorrosiva.

Actualmente, una de las tendencias más interesantes consiste en la construcción "híbrida" de la carrocería, estando formada por distintos materiales que, aunando sus características, consiguen una estructura sumamente ligera, muy rígida, y con grandes propiedades anticorrosivas.



Figura 1.122. Vehículo con estructura fabricada en técnica híbrida

Independientemente del tipo de material, para conseguir unos niveles óptimos de rigidez de la carrocería, sería necesario emplear chapas de alto espesor, ya que

la carga que aguantará una pieza y la energía que habrá que aplicarle para producirle una deformación, dependerá directamente de su espesor. Como el empleo de estos espesores de chapa penaliza de forma apreciable el peso de la carrocería, se recurre a minuciosos estudios para calcular de manera eficiente los diferentes espesores de chapa empleados para que únicamente las partes más solicitadas mecánicamente cuenten con mayor sección. Por esta razón, no todas las piezas que forman una carrocería tienen el mismo espesor, sino que existe una clara diferencia entre aquellos elementos estructurales que van a soportar mayores esfuerzos, como largueros, traviesas, pilares, etc., y otro tipo de piezas, como capós, puertas, aletas, etc. Las primeras suelen tener espesores de 1,2 a 2 mm, mientras que las segundas suelen presentar espesores de 0,7 y 0,8 mm.

Como se mencionó anteriormente, a través del diseño basado en el método de los elementos finitos se consigue optimizar la forma de las piezas de la carrocería sin necesidad de construir prototipos para ensayarlos físicamente, ya que el estudio estático y dinámico comprende: vibraciones, fatiga y choques. De este modo se obtiene la forma ideal de cada pieza, ya que para un material y una sección útil concretos, la resistencia dependerá también de su forma. La forma y la geometría que presenta su sección determinarán la capacidad de la pieza para soportar cargas, dependiendo del tipo de solicitación a que se encuentra sometida.

1.3.3. Nuevas técnicas de fabricación

En la actualidad, las técnicas tradicionales de fabricación y ensamblaje, tienden a complementarse con unos novedosos conceptos de fabricación que reportan importantes ventajas respecto al peso y resistencia estructural del vehículo fundamentalmente. Entre las técnicas de fabricación destacan la utilización de Tailored Blank (estampación a medida), la hidroconformación, la tecnología híbrida y el empleo de paneles tipo "sandwich".

Los Tailored Blank

Son componentes de una sola pieza (desarrollos de estampación a medida) con un diseño complejo que combina aceros de varios espesores, recubrimientos y distinto grado de resistencia, lo cual redunda en unos mayores niveles de seguridad, una importante reducción de peso y número de componentes, mayor precisión y menor tiempo de fabricación, a la vez que se amplían las posibilidades de diseño. Los diferentes aceros se sueldan (generalmente por láser) para obtener un único desarrollo a partir del cual se conforma la pieza. Esta técnica permite colocar con precisión varios aceros diferentes dentro de la pieza, precisamente donde más se necesitan sus cualidades, eliminando cualquier masa que no contribuya a las prestaciones del conjunto. Los componentes así fabricados tienen la capacidad de optimizar la función estructural asegurando, en caso de impacto, un proceso de absorción más progresivo y efectivo sin necesidad de refuerzos adicionales y con un peso mucho más reducido en comparación con los componentes tradicionales. La diferencia entre el método tradicional y el Tailored Blank puede resumirse de esta forma:

- Método tradicional. Tomando como ejemplo la conformación de un lateral completo, se necesita utilizar distintos aceros para fabricar las piezas que lo forman (pilares A, B, C, largueros del piso y de techo). El proceso normal consiste en conformar dichas piezas partiendo de distintas láminas de acero que se cortan, se pliegan, se embuten y al final se estampan. De esta forma se obtienen los componentes por separado ya acabados, sólo falta unirlos mediante soldadura.
- Método Tailored Blank. La diferencia fundamental reside en que las piezas se sueldan con láser antes de ser estampadas, formando una matriz. Esta matriz base pasa luego a las planchas de estampado, obteniendo una pieza rígida (casi monolítica) de distintos tipos de acero, sólo falta unirla al resto del chasis. De esta forma, al combinar chapas individuales de diferentes tipos, pueden adaptarse selectivamente la resistencia y la rigidez de los diferentes tipos de chapas a los esfuerzos locales



Figura 1.123. Lateral de caja realizado con Tailored Blank

en la ubicación respectiva de la pieza. Asimismo, también puede modificarse el comportamiento de la estructura en caso de impacto de un vehículo.

Como ejemplo, en caso de una colisión frontal, el desarrollo de un larguero delantero como Tailored Blank utilizando el material más fino/más blando en la zona de la parte frontal del vehículo, elimina una gran parte de la energía liberada, en el punto inicial de deformación. También puede asegurarse la protección del habitáculo mediante la fabricación como Tailored Blank (en forma más gruesa/resistente) de las áreas de la estructura más próximas a los ocupantes.

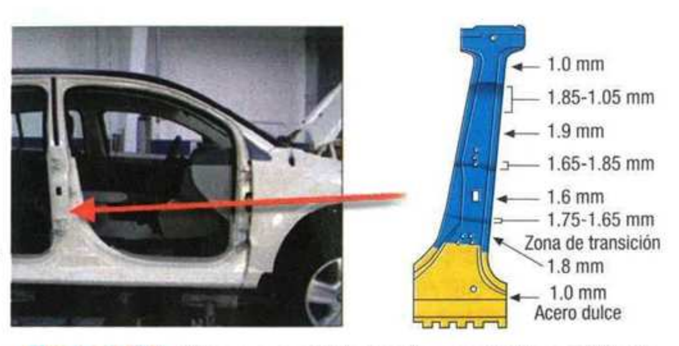


Figura 1.124. Pilar central fabricado con Tailored Blank (con diferentes espesores de acero)

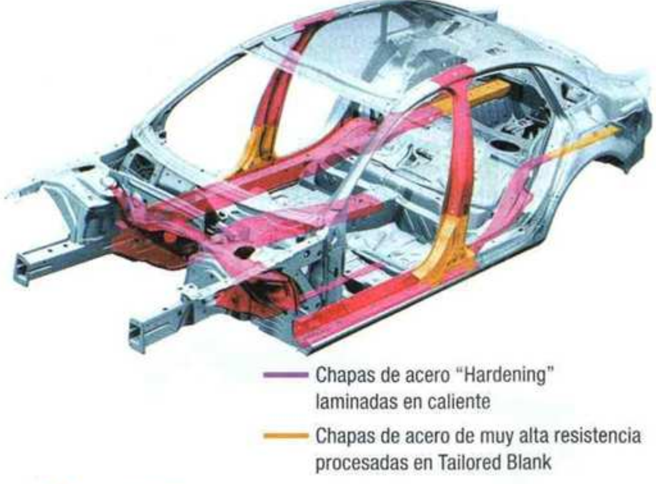


Figura 1.125. Carrocería fabricada con diferentes técnicas de procesamiento de la chapa de acero

La hidroconformación

Es un proceso de conformación plástica en frío, que emplea un fluido hidráulico como medio para transmitir la energía. Con esta técnica se fabrican formas complejas en paneles y componentes tubulares de zonas en las que la carrocería forma una sección cerrada (como los largueros, montantes, traviesas, etc.). El proceso de hidroconformado se basa en la expansión de un tubo recto de chapa de acero en una matriz cerrada (molde) con la forma que se desea para el tubo. A continuación se introduce agua a alta presión por el interior del tubo para que lo presione contra las paredes de la matriz, consiguiéndose así la forma deseada en el tubo.

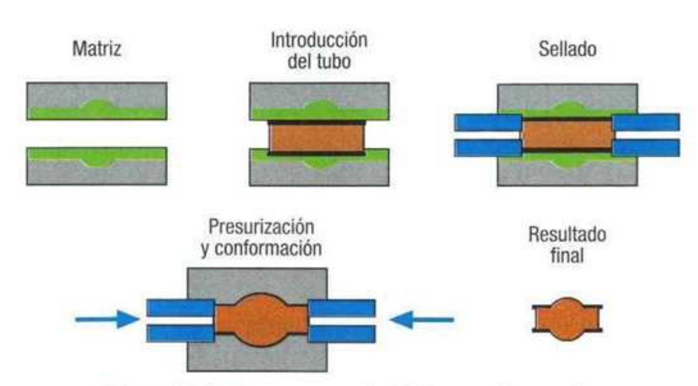


Figura 1.126. Proceso de hidroconformado

Las técnicas de hidroconformación representan una alternativa a los métodos convencionales mecánicos por razones de flexibilidad (simplificación de utillajes), mejora de condiciones de proceso (esencialmente reducción de fuerzas de fricción), que permiten mayores deformaciones, mejor precisión y mejoras en las tensiones residuales, y finalmente posibilitan la obtención por deformación de piezas muy difíciles de producir hasta hoy por los procedimientos convencionales (particularmente en la fabricación de piezas a partir de elementos tubulares y en componentes donde es crítica la relación peso-resistencia).

El hidroconformado proporciona una gran estabilidad de dimensiones y un alto límite elástico de la pieza al realizarse en frío el proceso de trabajo. Asimismo, esta técnica permite conseguir piezas simples, que de otra forma se obtendrían combinando una serie de piezas estampadas y soldadas por resistencia en un subconjunto.

Como resumen, la hidroconformación aporta las siguientes ventajas:

- Permite conseguir un espesor uniforme en la pieza.
- Se alcanza una mayor calidad superficial al evitar el contacto de metal con metal.
- Mejora la corrosión (elimina las soldaduras).
- Consigue una apreciable reducción de peso.

Tomando como referencia una pieza como el larguero de techo, la hidroconformación consigue reducir el peso de dos formas distintas:

- Aprovechando al máximo el tamaño de la sección de la pieza al eliminar la necesidad de disponer de pestañas de soldadura.
- El larguero hidroconformado de techo distribuye las cargas de una forma mucho más eficiente en función de las prestaciones estructurales y la conducción de la energía en caso de choque. Con este tipo de larguero se eliminan las necesidades de material en otras zonas de la carrocería para conseguir el mismo efecto.



Figura 1.127. Optimización del hidroconformado mediante programas específicos

La tecnología híbrida

Consiste en fabricar un componente combinando dos materiales de distinta naturaleza, aprovechando las características que cada uno aporta. Los materiales que normalmente se suelen combinar son un metal (normalmente chapa de acero o aluminio) y un plástico (normalmente un termoplástico). El acero aporta resistencia y ductilidad, y el plástico, rigidez y posibilidad de conformación. La fabricación suele realizarse mediante un proceso de moldeo por inyección. Sobre el molde se coloca el armazón metálico ya terminado; a continuación se inyecta el plástico, que fluye a través de las formas de la pieza y de los taladros que se han practicado al efecto, dando lugar a una íntima unión mecánica entre ambos materiales.

Los paneles tipo sándwich

Este material consiste en un núcleo termoplástico (generalmente polipropileno) en un sándwich de dos recubrimientos de aluminio o de acero de bajo espesor. Con ello se consigue una notable reducción de peso (puede ser hasta un 50% más ligero que una sección comparable de acero homogéneo) sin comprometer las prestaciones. Con los paneles tipo sándwich de aluminio se fabrican piezas como los techos rígidos de los modelos convertibles. Los fabricados con acero se utilizan en piezas como la chapa del salpicadero.

Aparte de estos tipos de estructuras que contienen acero y aluminio, existen otras como NOMEX y LWRT fabricadas con materiales compuestos.

- El LWRT (Low Weight Reinforced Thermoplastics) es un material compuesto sintético (termoplástico ligero reforzado) que es un 30% más liviano que los plásticos usados tradicionales. Se suele utlizar en piezas exteriores de la carrocería para mejorar las propiedades acústicas y la protección contra agua e impactos ocasionados por piedras pequeñas. El proceso de fabricación consiste en utilizar un procedimiento especial para recubrir con una lámina termoplástica ambos lados de una capa central de termoplástico reforzado con fibra de vidrio. De esta manera se obtiene una pieza plana que constituye un producto intermedio dentro del proceso de fabricación. Esta pieza tipo sándwich se somete a continuación a temperaturas elevadas y, aplicando presión, se le da su forma geométrica definitiva. En los cantos y en los puntos que posteriormente se atornillarán a la carrocería, se prensa el material para compactarlo. En las demás zonas se mantiene la estructura tipo sándwich, lo que aumenta la rigidez y resistencia a la flexión de la pieza.

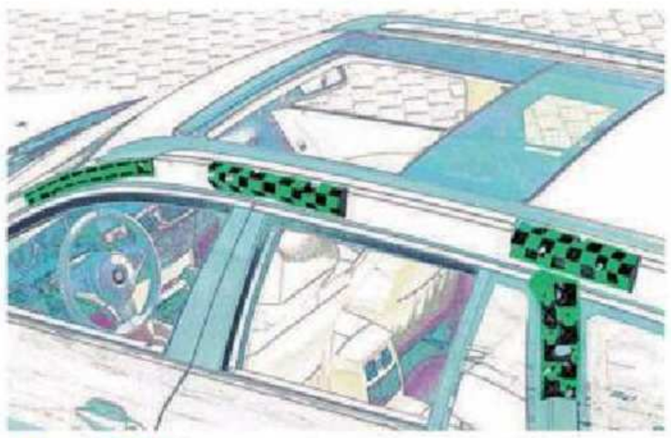


Figura 1.128. Componentes de la carrocería fabricados en estructura sándwich con material LWRT

- El NOMEX está formado por una capa intermedia en forma de nido de abeja y unas capas exteriores de fibra de carbono y kevlar.

1.4 Tipos de carrocerías según su construcción

La carrocería se puede considerar como el elemento o conjunto de elementos que representan el perfil de la estructura exterior de un automóvil, que en mayor o menor medida, tiende hacia líneas de marcada belleza estética, y un perfecto acabado. Entre sus características destacan su rigidez y su capacidad para absorber esfuerzos, golpes y vibraciones.

Algunas de sus características, como la resistencia y el peso, dependen, casi exclusivamente, de las distintas configuraciones que la carrocería puede adoptar; de tal manera que, en función de las mismas, existen tres sistemas fundamentales de construcción:

- Carrocería y chasis separados.
- Carrocería con plataforma-chasis.
- Carrocería autoportante.

1.4.1. Carrocería y chasis separados

Este sistema es el más antiguo de los utilizados en el automóvil y en la actualidad sólo se aplica en la construcción de vehículos industriales (camiones, autocares, etc.), en vehículos "todoterreno" y en automóviles con carrocería de fibra. La configuración básica está constituida por la unión de dos estructuras distintas:

- El bastidor.
- La carrocería.



Figura 1.129. Conjunto de carrocería y chasis separados

El bastidor es una estructura constituida por un armazón de vigas o largueros de acero a lo largo del vehículo, unidas mediante travesaños soldados, atornillados o remachados, dispuestos transversal o diagonalmente. El elemento así formado posee una elevada resistencia y rigidez, constituyendo la base o bastidor sobre el que se montan los órganos mecánicos y la carrocería; por lo que recibe y absorbe todos los esfuerzos de flexión y torsión derivados del normal funcionamiento del motor y la marcha del vehículo.

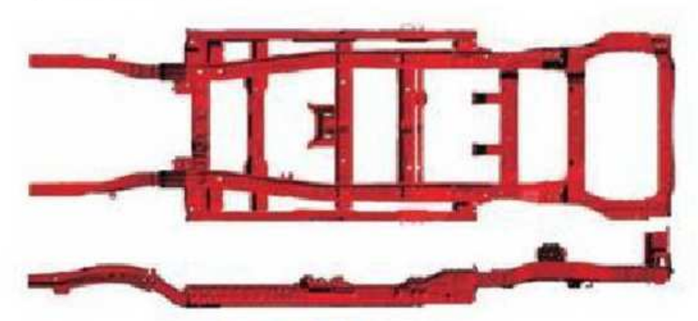


Figura 1.130. Bastidor

Habitualmente, cuando el bastidor ha recibido todos los órganos mecánicos, forma un conjunto denominado chasis.

Generalmente, la carrocería constituye la envoltura externa del vehículo y carece de funciones de resistencia. Para su montaje, se atornilla al bastidor a través de unas juntas de caucho, quedando perfectamente fijada.

El sistema de carrocería y chasis separados presenta una gran versatilidad, permitiendo conseguir:

- Gran robustez y resistencia para transportar cargas elevadas.
- Elevada rigidez para poder soportar grandes esfuerzos estáticos y dinámicos.

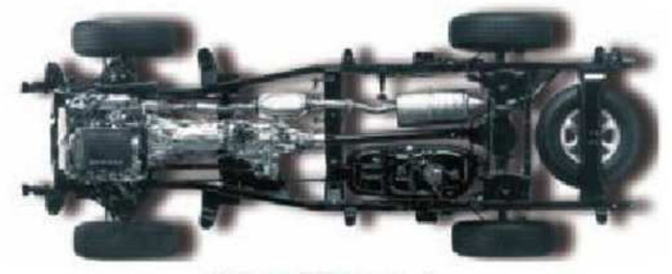


Figura 1.131. Chasis

En el automóvil, este sistema, prácticamente, se ha desechado debido, entre otras razones, a:

- Aumento considerable del peso del vehículo.
- Menor control sobre las zonas de deformación.

- Centro de gravedad más alto, que hace disminuir la estabilidad y aumenta el coeficiente aerodinámico (C_x).
- Mayor coste de fabricación.

▶ Tipos de bastidor

Los bastidores suelen diseñarse con diferentes formas y geometría, en función de diversas solicitaciones como: resistencia, distribución especial de carga, flexiones y torsiones elevadas y frecuentes, etc.

Algunos de los más usuales son:

- En *escalera (en H)*. Consiste en dos largueros laterales de chapa laminada o embutida y soldada, con perfil cajeado o en "U", paralelos o no, unidos mediante una serie de travesaños. En su día fue uno de los más utilizados, centrándose su uso en la actualidad, en camiones y algunos furgones ligeros, debido a su gran solidez.

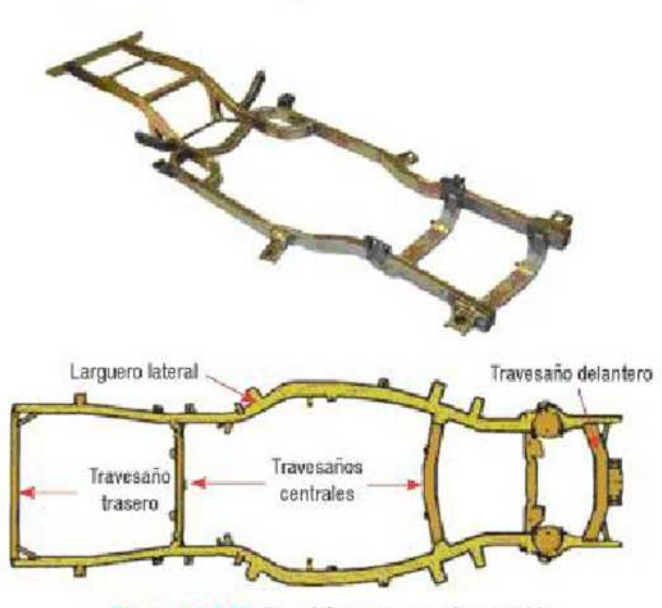


Figura 1.132. Bastidor en escalera o H

- De *columna (en X)*. Este bastidor, se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada. El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación a los anclajes de las suspensiones delanteras. Una variedad del mismo es el bastidor de tubo central, que cuenta con una viga gruesa longitudinal en la sección central, con perfil cuadrado o redondo, y que tiene en sus extremos sendos entramados para alojar a los elementos mecánicos del vehículo (grupo motopropulsor, suspensiones, dirección, etc.). Su empleo se centra en vehículos de competición.

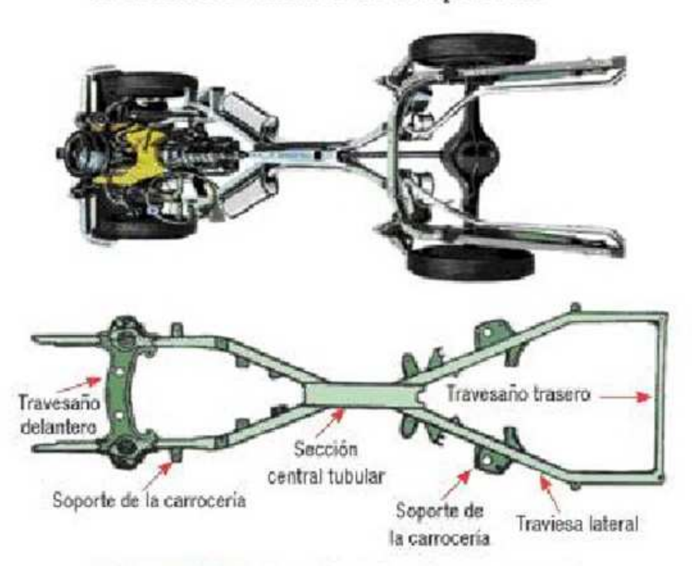


Figura 1.133. Bastidor de columna o en X

- *Perimétrico*. En este tipo de bastidor, los largueros soportan la carrocería en la parte más ancha, ofreciendo mayor protección en caso de impacto lateral. Presentan una configuración escalonada detrás y delante de las ruedas delanteras y traseras, respectivamente, para formar una estructura de caja de torsión, que en caso de impacto frontal, absorbe gran parte de la energía generada. Los travesaños traseros están diseñados convenientemente para absorber la energía de un impacto trasero. En caso

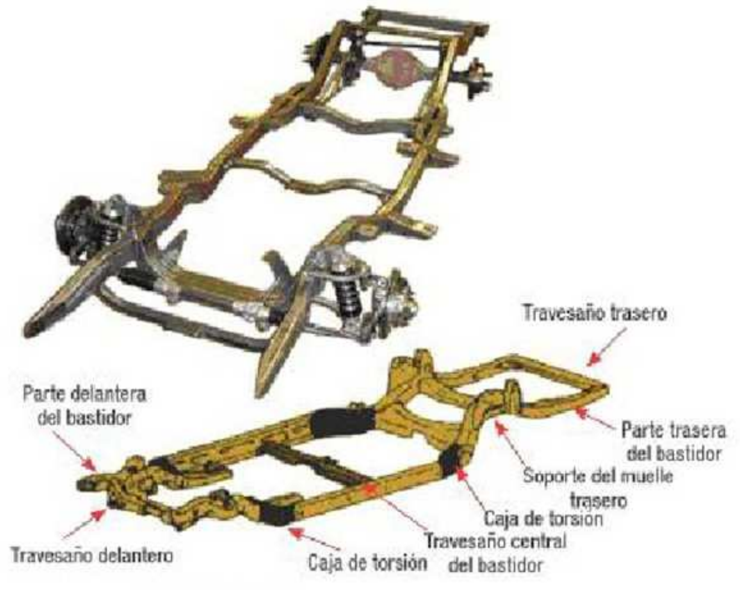


Figura 1.134. Bastidor perimétrico

de impacto lateral, como el larguero longitudinal (lateral) se encuentra muy cerca del cerramiento del piso, se evitan en parte los aplastamientos.

- *Tubular.* Este tipo de bastidor evoluciona el concepto de pesados chasis hacia estructuras esbeltas tipo "celosía" sobre las que atornillar las chapas exteriores de la carrocería. El entramado de tubos da lugar a una estructura muy rígida y liviana, permitiendo aligerar otras piezas al liberarlas de responsabilidad estructural. Este tipo de diseño se emplea sobre todo en vehículos de competición, en los que la carrocería exterior tiene una misión meramente estética y aerodinámica, y donde es necesario disponer de una gran accesibilidad mecánica. Su empleo en vehículos de serie se ve condicionado, entre otras razones, por su elevado coste de fabricación.

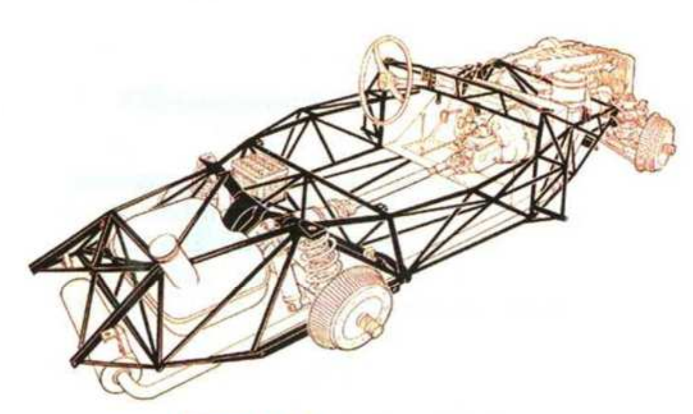


Figura 1.135. Bastidor tubular

1.4.2. Carrocería con plataforma-chasis

Esta configuración puede compararse con la de chasis con carrocería separada. La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos, de varias chapas, que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería.

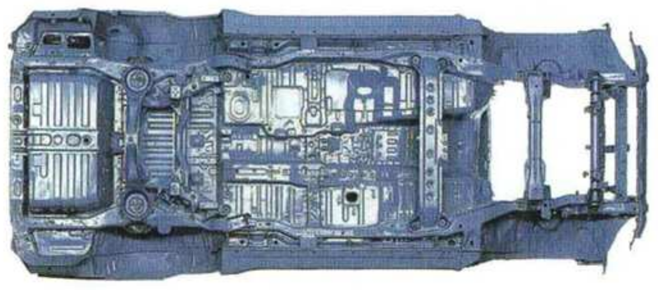


Figura 1.136. Plataforma portante formada por la soldadura de chapas

Esta última puede unirse a la plataforma siguiendo dos técnicas diferentes:

- Atornillada a la plataforma. Debido a la rigidez que suministra la plataforma, la carrocería puede llevar numerosos elementos desmontables, como las aletas delanteras y traseras, los pases de rueda, la faldilla de la calandra, etc.

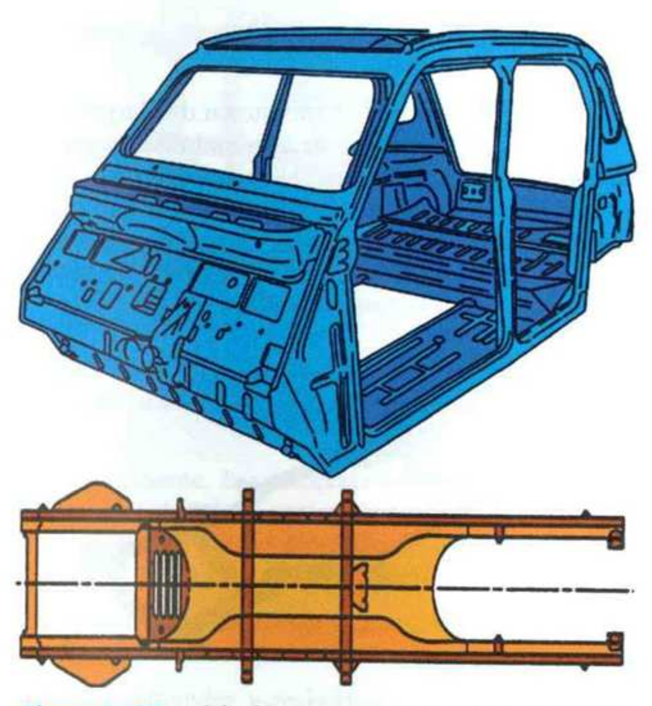


Figura 1.137. Vehículo con carrocería atornillada a la plataforma

- Mediante soldadura por puntos o remaches. Puesto que la rigidez está garantizada por la plataforma, la estructura puede ser más ligera. Los elementos desmontables son, en este caso, las aletas delanteras.

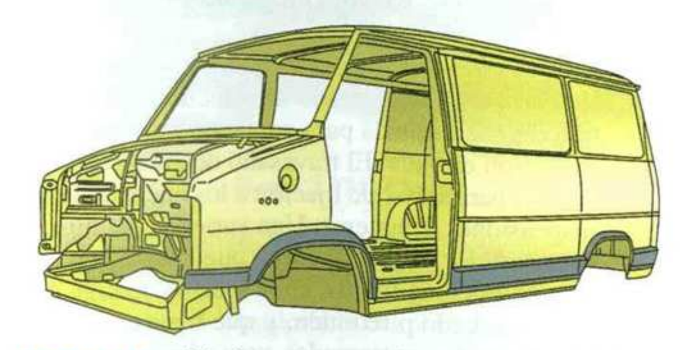


Figura 1.138. Vehículo con carrocería soldada a la plataforma

Esta técnica de fabricación permite disponer de una amplia gama de carrocerías diferentes, para montar sobre la misma plataforma base. En general, se utiliza para automóviles que habitualmente han de soportar cargas y esfuerzos elevados, tal como es el caso de las furgonetas, furgones y una gran parte de los automóviles todoterreno.

1.4.3. Carrocería autoportante

Esta configuración es la más utilizada por los fabricantes de automóviles. En su diseño, se parte del concepto de hacer una estructura metálica envolvente constituida por la unión de elementos de chapa de diferentes formas y espesores, es decir, hacer una caja resistente que a su vez se soporte a sí misma y a los elementos mecánicos que se fijen sobre ella (autoportante).



Figura 1.139. Vehículo con carrocería autoportante

Esta estructura ha de proporcionar al vehículo:

- La resistencia adecuada a las solicitaciones dinámicas de flexión y torsión habituales durante su uso.
- La resistencia adecuada a las cargas estáticas (peso del propio vehículo, de los pasajeros y de la carga).
- La base de anclaje idónea para soportar, directamente o con interposición de elementos elásticos, los diferentes órganos mecánicos y eléctricos.
- La forma externa característica.

El suelo de este tipo de carrocerías está formado por chapa de alta resistencia que junto a los numerosos cajeados y a los travesaños longitudinales y transversales, darán al mismo una elevada rigidez y resistencia. A su vez, el suelo se une con el resto de la carrocería, techo, montantes laterales, etc., formando un conjunto en forma de caja que es lo suficientemente rígido y a la vez capaz de absorber los esfuerzos mecánicos a los que va a ser sometido el vehículo.

Las chapas empleadas para su construcción son cortadas y estampadas en varios pasos hasta que adquieren la forma y espesor definitivos en cada punto, cumpliendo los requerimientos de diseño que garantizan una resistencia y rigidez óptimos con un peso mínimo.



Figura 1.140. Vista superior e inferior de la estructura de una carrocería autoportante

No todas las piezas de la carrocería tienen el mismo espesor, dependiendo de si se trata de piezas estructurales (largueros, traviesas, pilares, etc.) o elementos sin responsabilidad estructural (puertas, aletas, capós, etc.). En el primer caso los espesores varían entre 1,2 y 2,5 mm, y de 0,7 a 0,8 mm en el segundo caso.

Las ventajas de este tipo de carrocerías son:

- Dotan al vehículo de una gran ligereza, estabilidad y rigidez.
- Facilitan la fabricación en serie, lo que repercute en una mayor perfección en su fabricación.
- Tienen el centro de gravedad más bajo, por lo que mejoran la estabilidad de marcha del vehículo.
- Son más económicas debido al alto grado de automatización que permite su fabricación.

Clasificación de las carrocerías autoportantes

Básicamente existen dos tipos de carrocerías autoportantes:

Carrocería autoportante con elementos desmontables

El diseño de este tipo de carrocerías permite que aquellas piezas que, por lo general, suelen sufrir golpes con más frecuencia, como las puertas, tapa del maletero, capó, aletas delanteras, etc., sean fácilmente desmontables. Este tipo de piezas no debe ser muy elevado, ni hallarse en zonas críticas, desde el punto de vista de las propiedades mecánicas, ya que de lo contrario la estructura perdería rigidez.



Figura 1.141. Vehículo de carrocería autoportante con elementos desmontables

Carrocería autoportante unida por soldadura (monocasco)

Es una variedad de carrocería autoportante, en la que el número de las piezas desmontables está reducido al máximo: puertas, capó y tapa del maletero, para conseguir una configuración lo más compacta posible. El suelo de la caja, al estar fuertemente unido al resto del monocasco, hace que éste participe en todos los esfuerzos, proporcionando la resistencia necesaria a todos los elementos que forman el conjunto. El principal inconveniente de este tipo de carrocerías reside en su reparación (más laboriosa y costosa), al no desmontarse de manera fácil y rápida la mayoría de sus componentes.

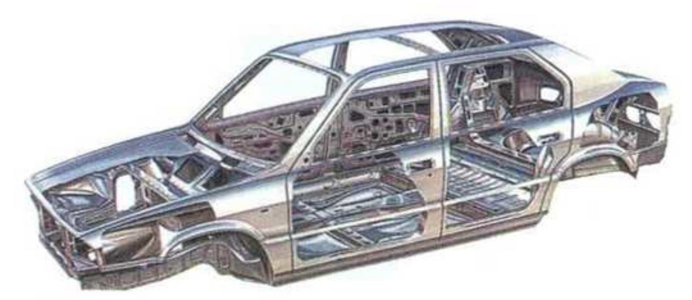


Figura 1.142. Vehículo de carrocería monocasco (con elementos soldados)

Constitución de una carrocería autoportante

Como se ha referido anteriormente, una carrocería autoportante está constituida por muchas piezas de chapa unidas entre sí para transmitir los esfuerzos y proporcionar rigidez y resistencia a todo el conjunto. Estas piezas pueden agruparse de diferente forma en función del criterio que se utilice para su clasificación; entre los más habituales, podemos citar:

- Según la función que desempeñan:
  - Elementos estructurales. Son aquellos que conforman la estructura resistente a las solicitaciones de flexión y torsión, y forman también la base de los anclajes para los órganos mecánicos.



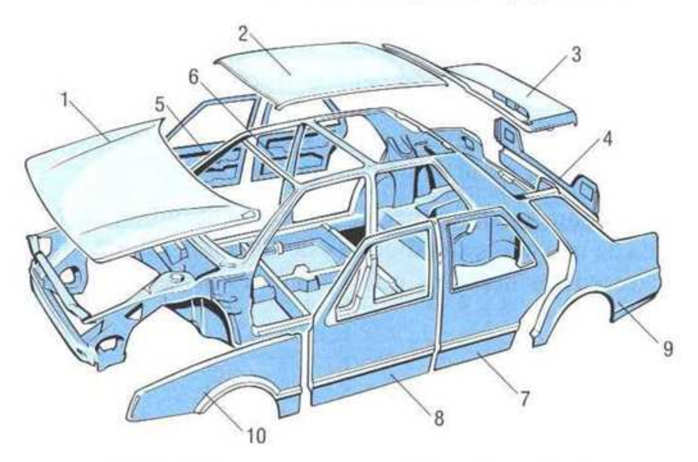
Figura 1.143. Elementos estructurales de la carrocería

  - Elementos de revestimiento. Son los que confieren al vehículo su forma característica, determinando la línea estética del mismo.



Figura 1.144. Elementos de revestimiento de la carrocería

- Según la posición que ocupan:
  - Elementos externos. Son elementos, generalmente de revestimiento, de marcado carácter estético, pues no en vano, conforman la parte exterior de la carrocería. Determinan en gran medida el coeficiente aerodinámico del vehículo. Además de los paneles exteriores de la carrocería, existen otros componentes que forman parte de diversos conjuntos del automóvil y que pueden considerarse como elementos exteriores: lunas, paragolpes, pilotos, ópticas, antinieblas, alerones, rejillas, espejos, etc.



1. Capó motor.
2. Techo.
3. Portón trasero.
4. Panel posterior.
5. Puerta delantera derecha.
6. Puerta trasera derecha.
7. Puerta trasera izquierda.
8. Puerta delantera izquierda.
9. Aleta trasera izquierda.
10. Aleta delantera izquierda.

Figura 1.145. Elementos externos de la carrocería.

  - Elementos internos. Habitualmente son elementos estructurales. Sus formas y diseño, responden a funciones exclusivas de resistencia.



Figura 1.146. Elementos internos de la carrocería

- Según la forma de fijación de los elementos externos a la carrocería:
  - Elementos fijos. Son aquellos que, generalmente, se unen mediante procesos de soldadura o con pegamentos estructurales. Forman, básicamente, la parte estructural de la carrocería y conforman la parte del habitáculo y la zona de anclaje de los órganos mecánicos en el vano motor.

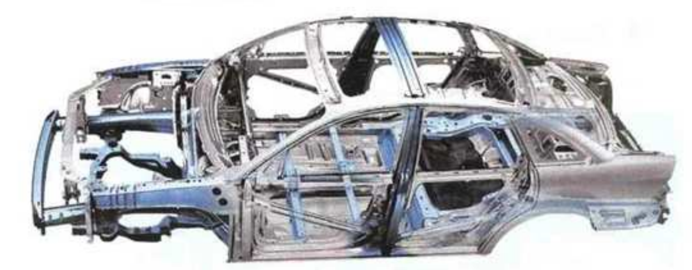
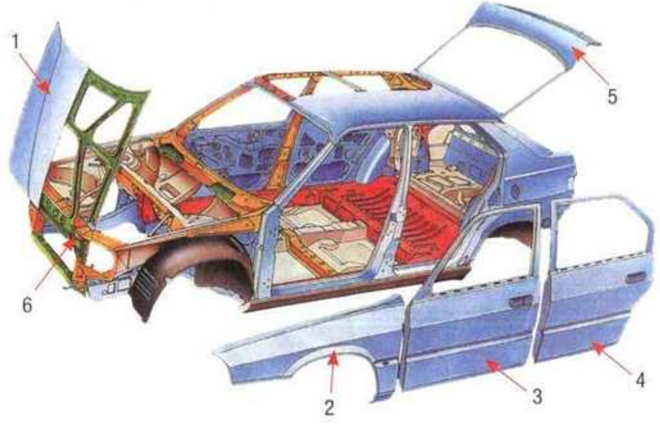


Figura 1.147. Elementos fijos de la carrocería

  - Elementos amovibles. Se denominan así, por ir unidos mediante tornillos y tuercas (puertas, aletas, portones, capós, etc.). La tendencia constructiva se encamina a convertir en elementos móviles un número mayor de piezas con frecuentes intervenciones y desmontajes.



1. Capó motor.
2. Aletas delanteras.
3. Puertas delanteras.
4. Puertas traseras.
5. Portón trasero.
6. Frente delantero

Figura 1.148. Elementos amovibles de la carrocería.

1.4.4. Estructura y denominación de las piezas de la carrocería

Por lo que respecta a la estructura de la carrocería, a nivel general, la carrocería está formada por dos conjuntos importantes:

- Subestructura (basamento).
- Superestructura (habitáculo).

Tal y como se describe en el libro de esta colección "Elementos Amovibles", el número de piezas que pueden ir ensambladas puede ser muy elevado, pudiéndose establecer cuatro conjuntos diferenciados:

- Paneles exteriores.
- Armazón delantero.
- Armazón central y trasero.
- Armazón del piso.

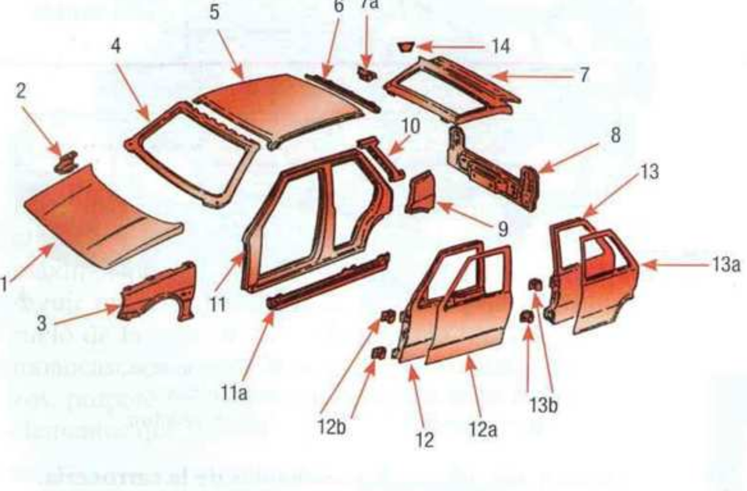
Cuando se ha de llevar a cabo cualquier intervención sobre la carrocería, resulta imprescindible conocer la denominación correcta de las piezas que están involucradas en el proceso; bien para realizar pedidos de sustitución, o bien para facilitar la comprensión y el seguimiento de los manuales técnicos de reparación. Este conocimiento se ve dificultado por varias causas:

- Todos los vehículos no tienen el mismo número de piezas.
- Las mismas piezas adoptan diferentes denominaciones en función del constructor.
- Una misma pieza puede ser un elemento simple o formar parte de un conjunto según el caso.

Se trata, en definitiva, de utilizar la terminología técnica de uso más extendido; a este fin, en la Figura 1.150 aparecen los nombres más habituales de estos componentes.

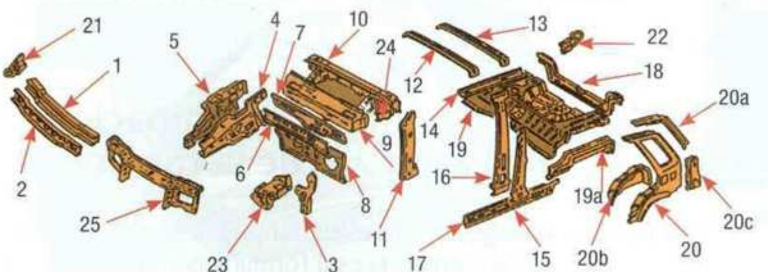


Figura 1.149. Conjuntos de una carrocería autoportante



Elementos exteriores de la carrocería

1. Capó delantero; 2. Bisagra del capó; 3. Aleta delantera; 4. Marco de luna; 5. Techo; 6. Refuerzo posterior del techo; 7. Portón trasero; 7a. Bisagra del portón trasero; 8. Faldón; 9. Aleta trasera; 10. Marco de luna custodia; 11. Lateral completo; 11a. Estribo; 12. Puerta delantera; 12a. Panel de puerta delantera; 12b. Bisagras de puerta delantera; 13. Puerta trasera; 13a. Panel de puerta trasera; 13b. Bisagras de puerta trasera; 14. Tapa del depósito de combustible



Elementos interiores de la carrocería

1. Traviesa inferior delantera; 2. Cierre de traviesa inferior delantera; 3. Soporte de sujeción del paragolpes; 4. Larguero delantero; 5. Cierre del larguero delantero; 6. Traviesa del salpicadero; 7. Refuerzo del salpicadero; 8. Panel frontal del salpicadero; 9. Salpicadero superior; 10. Traviesa de sujeción del cuadro de mandos; 11. Refuerzo del montante delantero; 12. Traviesa anterior del techo; 13. Traviesa central del techo; 14. Refuerzo lateral del techo; 15. Refuerzo del montante central; 16. Cierre del montante central; 17. Cierre del estribo; 18. Refuerzo del faldón; 19. Piso maletero con largueros traseros; 19a. Larguero trasero; 20. Cierre de aleta trasera; 20a. Refuerzo de custodia; 20b. Pase de rueda trasero; 20 c. Refuerzo posterior de cierre de aleta; 21. Soporte delantero de remolque; 22. Soporte trasero de remolque; 23. Soporte de batería; 24. Refuerzo del salpicadero; 25. Frente delantero.

Figura 1.150. Despiece de una carrocería con su denominación habitual



Autoevaluación

1. Enumera las solicitaciones constructivas que tiene una carrocería.

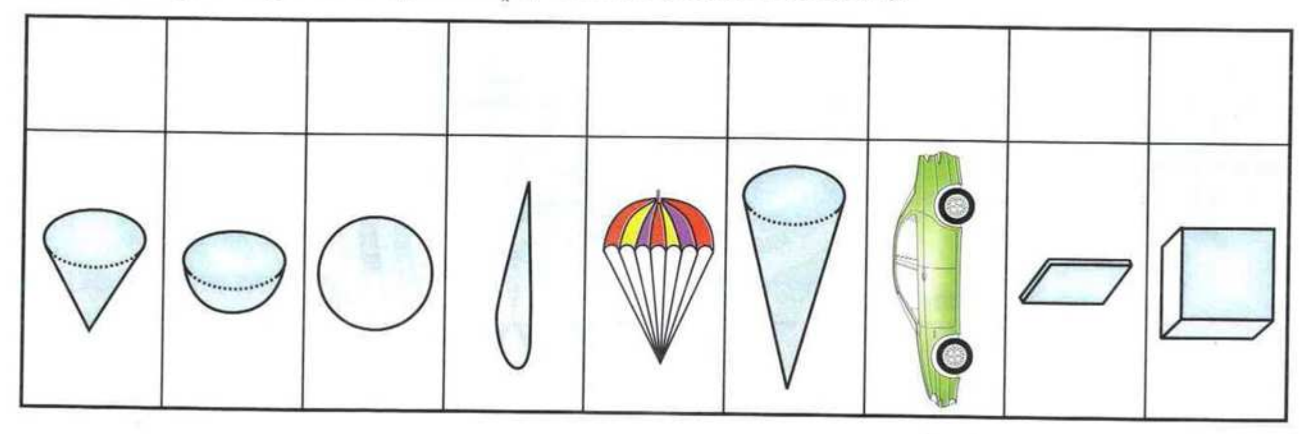
2. ¿Cuáles son los factores generales que suelen primar cuando se aborda el proyecto de un nuevo modelo de automóvil?

3. ¿En qué consiste el método de diseño basado en los "elementos finitos"?

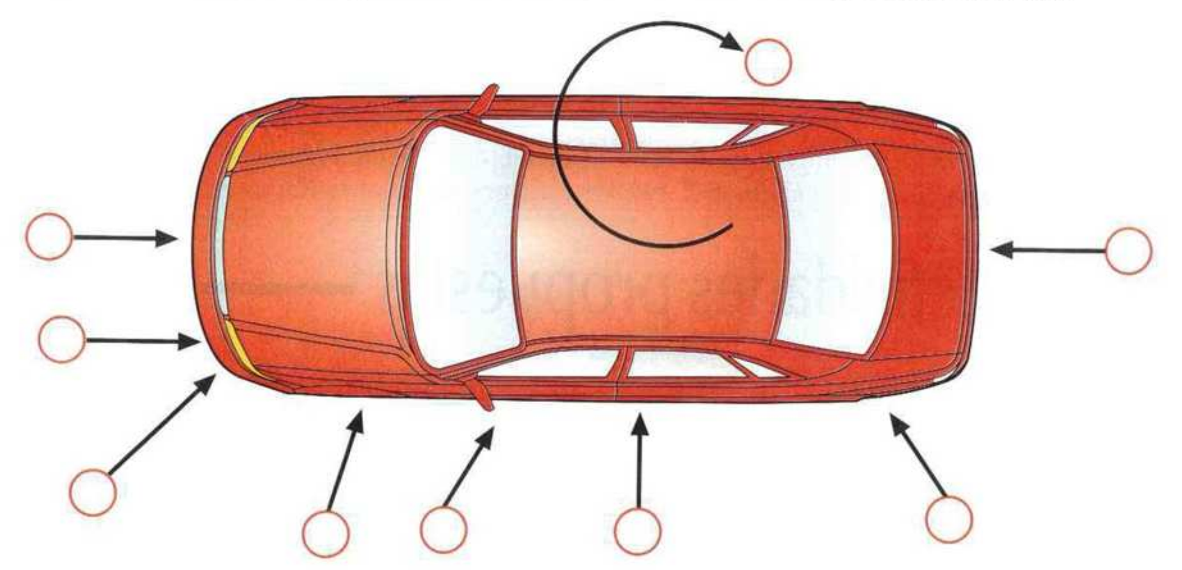
4. Indica qué miden los siguientes coeficientes aerodinámicos:

- C_x
- C_z
- C_y

5. Ordena las figuras siguientes según su C_x aproximado (en orden creciente).



6. Ordena (del 1 al 9) la siguiente figura en función de las estadísticas de choques más habituales.



7. Enumera de forma resumida los aspectos de seguridad que debe superar un vehículo en una prueba de choque frontal.

8. ¿Qué diferencias existen entre un acero convencional y un acero ALE?

9. ¿Qué son los Tailored Blank?

10. Identifica con su denominación habitual los componentes de la siguiente figura:



Actividades propuestas

1. Compara, utilizando un muestreo lo más extenso posible, los vehículos de tu centro educativo analizando factores como:

- Línea estética.
- Dimensiones (sólo en vehículos del mismo tipo).

- Enrasamiento de los accesorios exteriores de la carrocería.
- Inclinación de los cristales.
- Entradas frontales de aire.
- Altura libre al suelo.

– ¿Has encontrado rasgos similares en ellos?
– ¿Hay alguna tendencia general en cualquiera de los aspectos antes mencionados?
– Los vehículos de un mismo constructor, ¿guardan algún tipo de similitud estética?
– En función de los datos obtenidos, ¿cuál es la tendencia más generalizada en la evolución de los diseños de los vehículos utilitarios y del segmento medio?

2. En los vehículos anteriores, identifica las piezas de plástico que forman parte de la carrocería o del interior del habitáculo.

3. Indica qué vehículo será más seguro para los ocupantes comparando los siguientes supuestos:
   - Dos vehículos de igual tamaño y estructura, pero de diferente peso.
   - Dos vehículos de la misma estructura y peso pero de diferente tamaño.
   - Un vehículo de estructura muy rígida que choca contra otro vehículo con estructura más blanda (incluyendo también los supuestos de diferencia de peso en ambos casos).
   - Como el ejemplo anterior, pero en este caso chocando contra un muro de forma individual.

4. Utilizando una carrocería lo más desnuda posible identifica los siguientes elementos:
   - Largueros delanteros.
   - Largueros traseros.
   - Largueros de techo.
   - Estribos.
   - Columnas A, B, C.
   - Traviesas de asientos.
   - Fijaciones del cinturón de seguridad.
   - Chapa salpicadero.
   - Refuerzos.

5. Teniendo en cuenta el comportamiento aerodinámico ideal de cada zona del vehículo, compara a este efecto cada uno de los vehículos utilizados en la primera actividad. Determina cuál de todos ellos manifiesta una forma aerodinámica más eficaz.



2

Seguridad pasiva

Contenido

Objetivos

- Conocer los distintos aspectos que repercuten en el concepto global de seguridad del vehículo.
- Conocer las distintas soluciones que suelen utilizar los fabricantes para reforzar las zonas o elementos cuya función resulta más relevante en caso de choque.
- Analizar el comportamiento de un vehículo en función de la deformación sufrida como resultado de un choque.
- Conocer los dispositivos de seguridad pasiva más frecuentemente utilizados.

Introducción

Uno de los principales cometidos de la industria del automóvil es el de desarrollar soluciones técnicas que puedan crear condiciones excelentes de conducción, contribuir a evitar los accidentes, reducir al máximo las consecuencias de un choque y proporcionar la inviolabilidad del vehículo.

Para garantizar un comportamiento seguro del vehículo es necesario diseñar los diferentes componentes de los ejes de modo que las ruedas no efectúen movimientos direccionales incontrolados y que el conductor se encuentre en condiciones de controlar el vehículo incluso en casos extremos. En este sentido dispositivos que aumentan la seguridad son, por ejemplo, un equipo de frenos de alto rendimiento controlado electrónicamente y los sistemas modernos de estabilidad y tracción como ETS, ASR, ESP, etc.



Figura 2.1. Categorías de seguridad existentes en el automóvil, con algunos ejemplos representativos de cada categoría

Asimismo, la conducción en el tráfico denso de las ciudades modernas exige del conductor un alto grado de atención. Determinadas medidas constructivas pueden contribuir a mantener la forma física del conductor, a fin de que no disminuya su concentración, por ejemplo: una carrocería rígida, exenta de vibraciones, equipada con asientos ergonómicos, una climatización agradable del habitáculo y una buena insonorización.

Para poder circular con seguridad es esencial ver y ser visto. Por ello son necesarios una serie de sistemas para aumentar la seguridad de percepción mutua, por ejemplo: faros autoadaptables que iluminan la calzada de modo ideal, sistemas que eliminan los puntos ciegos de visibilidad periférica, sistemas que detectan cuando frena el vehículo precedente, limpiaparabrisas con una gran superficie de barrido que generan un campo visual amplio, brazos limpiaparabrisas que no se levanten a altas velocidades, retrovisores exteriores con calefacción y con un gran campo visual, y medidas para evitar que se ensucien los retrovisores y ventanillas laterales, etc.

También es importante que el conductor se encuentre cómodo dentro del automóvil y que no tenga que buscar continuamente los mandos ni estudiar su manejo.

En términos generales, el concepto de seguridad aplicado al automóvil engloba a un elevado conjunto de sistemas, dispositivos y soluciones de vanguardia que para su estudio pueden agruparse en varias categorías diferentes:

- *Seguridad pasiva.* Las medidas de seguridad pasiva minimizan los efectos de un impacto o colisión.
- *Seguridad activa.* Las medidas de seguridad activa evitan situaciones potencialmente peligrosas, y por lo tanto contribuyen a evitar los accidentes.
- *Seguridad preventiva.* Las medidas de seguridad preventivas reducen las posibles condiciones de peligro.
- *Sistemas de ayuda a la conducción.* Estos sistemas ayudan al conductor mejorando las condiciones de circulación.
- *Seguridad de uso.* Esta serie de medidas tienen por objeto reducir las posibilidades de robo del vehículo.

Por seguridad pasiva se entiende el conjunto de características y dispositivos que interactúan para reducir o evitar las consecuencias de un choque sobre los ocupantes del vehículo. A través de los estudios estadísticos realizados sobre la accidentabilidad en los vehículos pueden realizarse las siguientes consideraciones:

- Los choques frontales representan aproximadamente un 64% sobre el total de las colisiones (completa y con cobertura del lado izquierdo).
- Los choques laterales representan el 20%.
- El choque posterior es prácticamente irrelevante en porcentaje y casi nunca pone en peligro la integridad de los ocupantes.
- El resto de accidentes más significativos está formado por el vuelco (que aún sucediendo raramente es muy peligroso) y por el incendio como consecuencia de un accidente.

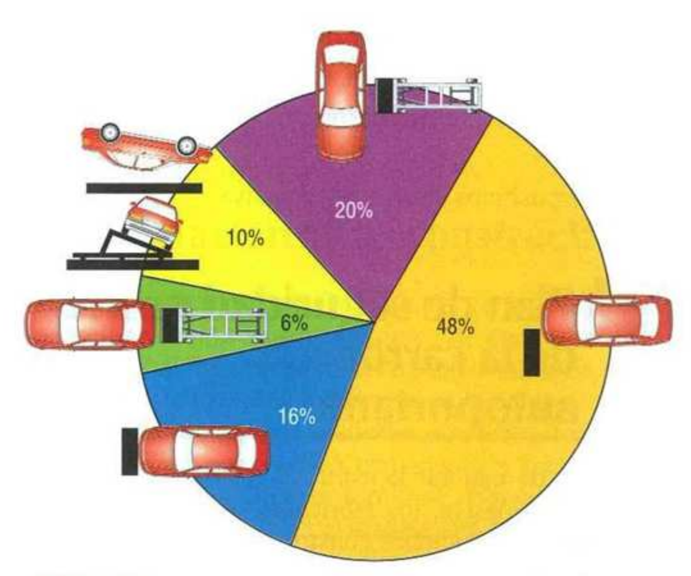


Figura 2.2. Estudio porcentual de los tipos de colisión más frecuentes

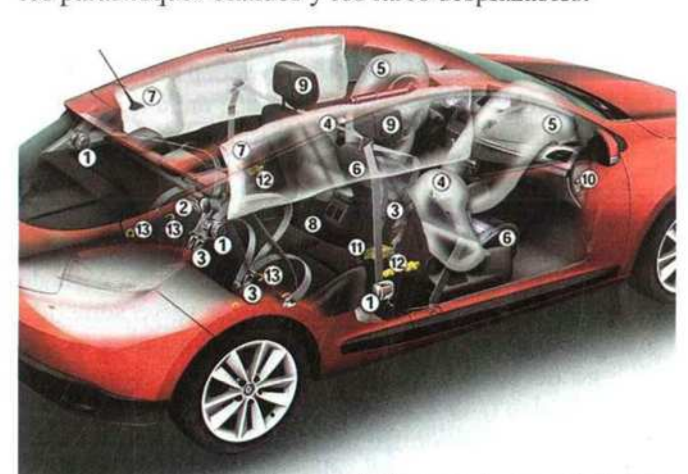
Tomando como base estos estudios, los ingenieros de diseño se han ocupado de los pasajeros dotándoles de sistemas de retención, como los cinturones de seguridad y el airbag. También se presta especial atención a la configuración del habitáculo empleando materiales que absorben la energía. Otras zonas problemáticas son la columna de dirección y el volante. Asimismo, el diseño de las puertas resulta de vital importancia puesto que deben permanecer cerradas incluso en caso de deformación grave (lateral), pero facilitando a la vez el acceso al interior.



Figura 2.3. Dispositivos y aspectos a tener en cuenta en el equipamiento de seguridad de un automóvil

Además, la deformabilidad preestablecida de la carrocería en la parte delantera y trasera ha prestado una contribución fundamental a la seguridad dentro de la célula de pasajeros. La energía de choque debe encontrar vía libre sin perjudicar gravemente el habitáculo. Con ello se reducen también la aceleración y las fuerzas que actúan sobre los ocupantes en caso de colisión. Disponiendo el tanque de combustible en un lugar situado fuera de la zona de deformación se contribuye, por último, al programa de protección antiincendios.

Como complemento a este estudio, mención aparte merecen los datos relativos a los riesgos que corren la categoría de personas menos protegidas en caso de accidente: los niños y los usuarios de las vías de circulación sin protección (peatones y ciclistas). A este respecto, los materiales escogidos, la forma y el diseño funcional del exterior del automóvil pueden contribuir considerablemente a aumentar la seguridad pasiva. Ejemplos de una minimización constructiva de las consecuencias de accidentes son las canaletas y los limpiaparabrisas escamoteados, los parachoques blandos y los faros desplazables.



1 Cinturones delanteros y traseros laterales con pretensores y limitadores de esfuerzo.
2 Cinturón con limitador de esfuerzo en la plaza trasera central.
3 Hebilla de cinturón.
4 Airbags laterales para proteger abdomen, tórax y pelvis.
5 Airbag frontal adoptativo.
6 Airbag antidesplazamiento.
7 Airbags de cortina para cabeza delantero y trasero.
8 Captador de posición del asiento.
9 Reposacabezas con absorción de energía.
10 Desactivador de airbag de pasajero (excepto airbag de cortina).
11 Unidad de control de airbags y pretensores.
12 Doble captador de choque lateral (en pilar B y puertas delanteras).
13 Anclaje de sistema Isofix.

Figura 2.4. Dispositivos de seguridad pasiva

Por todo lo anterior se deduce que uno de los aspectos que más se cuidan en la fase de diseño y experimentación de un nuevo modelo es el conjunto de medidas en materia de seguridad pasiva que contribuyan a reducir los riegos de un accidente. Estas medidas, según la gama del vehículo y su nivel de equipamiento, pueden ser:

- Elementos y dispositivos de seguridad como: parabrisas laminado, la columna de dirección retráctil o colapsable, el material de fabricación del volante, la estructura de los pedales, etc.

- Configuración del habitáculo. Por lo que respecta al diseño de interiores, hay que procurar que en caso de accidente si algún pasajero se ve desplazado de su asiento (por efecto de la inercia) no se golpee contra aristas o dispositivos que puedan causarle algún daño. Para comprobar estos aspectos, el diseño de tableros de abordo redondeados, los respaldos de asientos delanteros, el volante, la palanca de cambios, el freno de mano, la ubicación y forma de los accionadores, etc., deben chequearse un gran número de veces en simulación numérica y contrastarse con ensayos reales sobre vehículos equipados con maniquíes. Asimismo, los revestimientos interiores deben cumplir las normas internacionales en materia de inflamabilidad (principalmente no deben arder por contactos accidentales con llama, y ante un recalentamiento fuerte que origine su combustión no deben originar llama sino realizar una combustión que en la mayoría de los casos genere un humo fuerte y denso).
- Sistemas de retención como la resistencia, anclaje y forma de los asientos, los reposacabezas, los cinturones de seguridad (con pretensores) y los airbag. Hay que tener en cuenta que en caso de colisión, el cuerpo del conductor se ve sometido a una inercia fruto de la fuerza actuante a lo largo del tiempo, tal como establece la fórmula del impulso ($f \cdot t = m \cdot v$). El cuerpo del pasajero (en caso de colisión frontal) se proyectará en sentido de la marcha a una velocidad inversamente proporcional a su masa. Como ejemplo de lo anterior se deduce que el cuerpo de un niño, en caso de accidente, se convierte en un proyectil con la fuerza de un autobús.
- Concepción de la estructura. En este campo la carrocería se diseña con resistencia diferenciada con una célula de habitabilidad lo más rígida posible y con la parte delantera y trasera deformables de forma programada para absorber gradualmente la energía del choque.



Figura 2.5. Zonas de deformación programada delantera y trasera

Para su estudio, el conjunto de medidas a nivel de seguridad pasiva pueden dividirse en dos grandes conjuntos:

- Plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante.
- Dispositivos de seguridad pasiva.

2.1 Plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante

Con el fin de mejorar la estructura portante en materia de seguridad pasiva, los fabricantes de vehículos utilizan diferentes soluciones constructivas que responden a variados criterios en cuanto a finalidad de la evolución se refiere: aumento de la rigidez de la carrocería, disminución de peso (sin merma alguna de la seguridad estructural), mejora del plan de deformación programada, mejora del sistema de reparabilidad, mejora de las prestaciones de marcha del vehículo, etc.



Figura 2.6. Estructura resistente de una carrocería

El plan de seguridad pasiva presta especial atención a varios aspectos fundamentales:

- Características constructivas.
- La deformación programada.
- Comportamiento de la estructura delantera.
- Comportamiento de la estructura trasera.
- Las protecciones laterales.
- Las protecciones antivuelco.

- Los paragolpes absorbentes.
- La anti-intrusión de la mecánica.
- El habitáculo.

2.1.1. Características constructivas

Para conseguir unos niveles óptimos de resistencia estructural se suele recurrir al empleo de chapas multiespesor o a la utilización de refuerzos especiales. En el primer caso, esta tecnología consiste en la soldadura láser de láminas de chapa de distintos espesores, trabajadas posteriormente por moldeo con métodos tradicionales (Tailored Blanks). De esta forma se obtienen zonas de resistencia elevada sin necesidad de añadir elementos de refuerzo, limitando al mismo tiempo el peso del conjunto. Las zonas más críticas de la estructura se refuerzan con barras de acero de alta resistencia para garantizar una adecuada seguridad en caso de impacto.



Figura 2.7. Materiales y soluciones técnicas utilizadas en la estructura de una carrocería

Por lo que respecta a los distintos refuerzos que se pueden aplicar a una carrocería para mejorar su resistencia, destacan también los situados en la parte delantera inferior del habitáculo, zona donde generalmente se anclan los subchasis portadores de las suspensiones, tirantes de reacción, diferenciales y árboles de transmisión. Los subchasis, en su unión a la carrocería, tienen cierta elasticidad ya que para su sujeción se emplean soportes de goma encastrada en metal (silentblocs), precisamente por el esfuerzo al que se ve sometido el punto de unión en la carrocería. La presencia de refuerzos es inevitable y éstos se aplican con chapas suplementarias de gran grosor unidas por medio de costuras de soldadura.



Figura 2.8. Subchasis

En algunos modelos utilitarios estos refuerzos aplicados a la carrocería en las zonas de anclaje de los subchasis llegan a ser solidarios con los refuerzos que se aplican en las torretas de la suspensión. Estos últimos son unos puntos de la carrocería que tienen que soportar grandes esfuerzos y torsiones, ya que son las piezas donde está atornillada la parte superior de la suspensión. Este mismo refuerzo se aplica de forma independiente en automóviles de mayor tamaño y está especialmente sobredimensionado en los vehículos que montan suspensión independiente tipo McPherson.

En los vehículos tipo berlina también se suelen aplicar refuerzos en los anclajes a la carrocería de los ejes traseros, ya sean vehículos de tracción delantera o propulsión trasera. En los primeros, en las uniones de los ejes a la carrocería; independientemente del sistema que empleen: eje rígido, semirrígido, o suspensión independiente; y en los segundos para soportar el puente y el grupo.

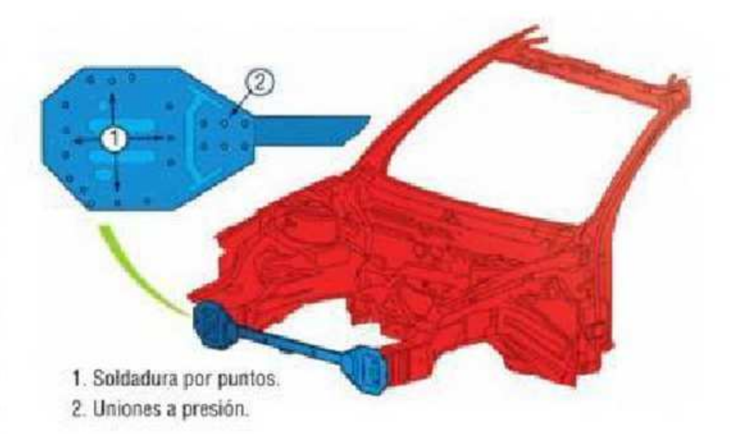


Figura 2.9. Sistema de unión del travesaño delantero

Además, los fabricantes suelen incorporar otros refuerzos puntuales localizados en diferentes puntos de la estructura:

- Los arcos de las puertas laterales, los montantes centrales y los travesaños del techo, para aumentar la seguridad del habitáculo en caso de vuelco.
- Refuerzo de los puntos de anclaje de los asientos y cinturones de seguridad.
- En algunos casos el travesaño delantero tiende a fabricarse con diferentes materiales y de distinto espesor en sus secciones. Las zonas de unión con los largueros suelen ser de acero, uniéndose a éstos mediante soldadura por puntos de resistencia. La fijación al tubo central de sección cuadrangular se realiza mediante un sistema de ensamblaje a presión "pressjoining" (unión mediante una conformación en frío del propio material).
- El subchasis delantero. Para atenuar los efectos de un impacto frontal.
- Paragolpes delantero. En estos elementos es muy común incorporar una pieza "anticolisión" debajo del panel exterior del paragolpes.
- Paragolpes trasero. También en este caso el sistema paragolpes consta de dos elementos de deformación unidos a un travesaño de acero.

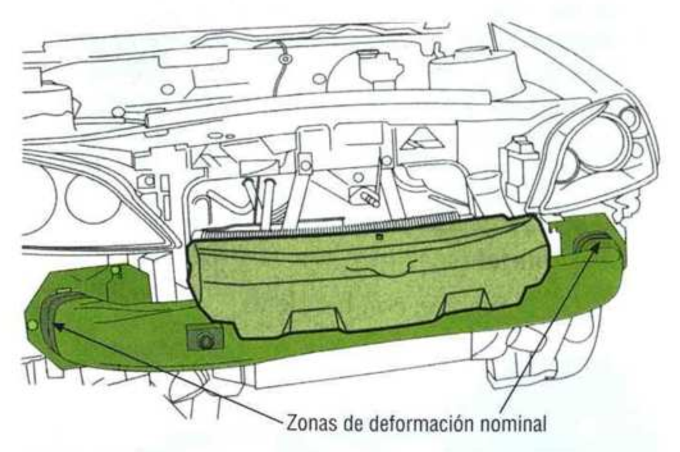


Figura 2.10. Elemento «anticolisión» en el paragolpes delantero

Por lo que respecta a los vehículos con bastidor conviene destacar que para aumentar la seguridad en las carrocerías sustentadas sobre un chasis, además de utilizar bastidores en escalera con gruesos largueros transversales de sección en caja, el bastidor se integra dentro de la estructura monocasco para aumentar la rigidez.

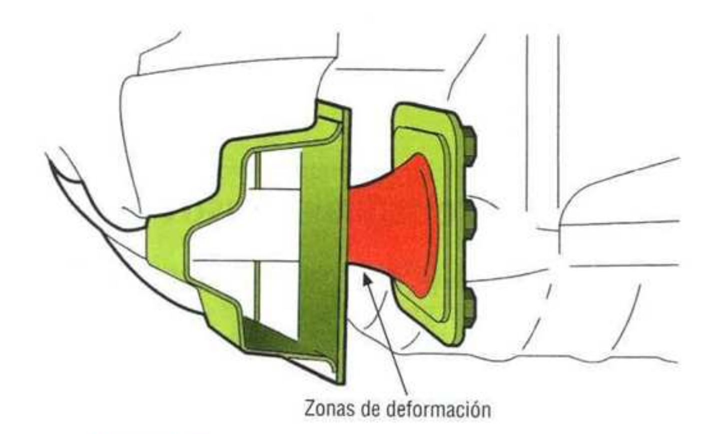


Figura 2.11. Elemento deformable en la unión del paragolpes trasero

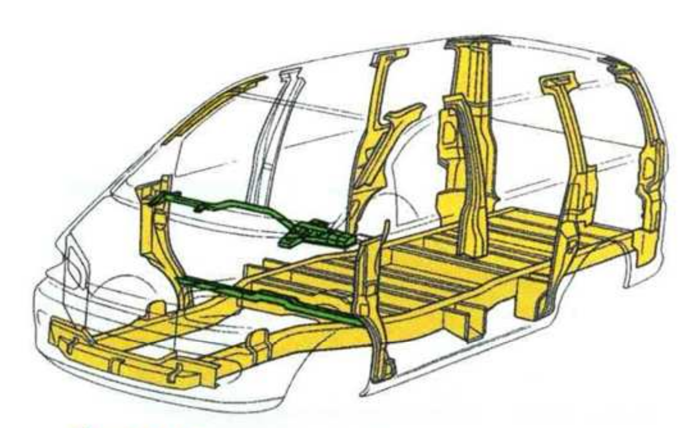


Figura 2.12. Bastidor integrado en la estructura monocasco

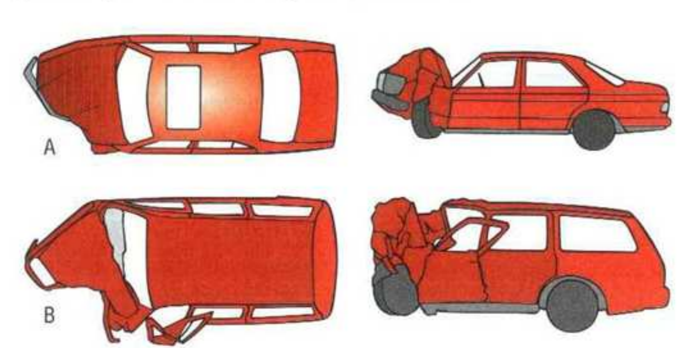
2.1.2. La deformación programada

En cuanto a seguridad pasiva se refiere, la función principal de la carrocería en caso de choque debe ser la de permitir una deceleración suave del habitáculo de pasajeros, conservando la máxima integridad del mismo. Aunque el choque se produzca a baja velocidad, las estructuras deben deformarse con progresividad para absorber la energía del impacto.

La deformación programada consigue absorber una gran cantidad de la energía generada en un choque, sacrificando todos los componentes de la carrocería perimetrales al habitáculo. Lo que se pretende con ello es una retención progresiva de la energía liberada en el choque para evitar la transmisión de cargas extremas a los ocupantes del vehículo.

Las piezas que normalmente tienen programada su deformación suelen ser los elementos estructurales que

configuran las zonas resistentes, que a su vez son los que soportan la mayoría de los esfuerzos. Desde el punto de vista de la seguridad, su diseño se centra en la geometría y la disposición de los puntos fusibles.



A. Vehículo bien diseñado para el choque frontal:
Mantenimiento total del habitáculo.
Mínimo desplazamiento del tablero y dirección.
Mínima penetración de la pared frontal.
Se mantiene la pared lateral.
Todas las puertas se abren fácilmente.

B. Vehículo mal diseñado para el choque frontal:
Ningún espacio de supervivencia.
Conductor aplastado por el volante y tablero.
Penetración de la rueda en la pared frontal.
Pared lateral destruida.
Puerta del conductor bloqueada.

Figura 2.13. Ejemplo de colisión frontal de dos vehículos: con y sin plan de deformación programada

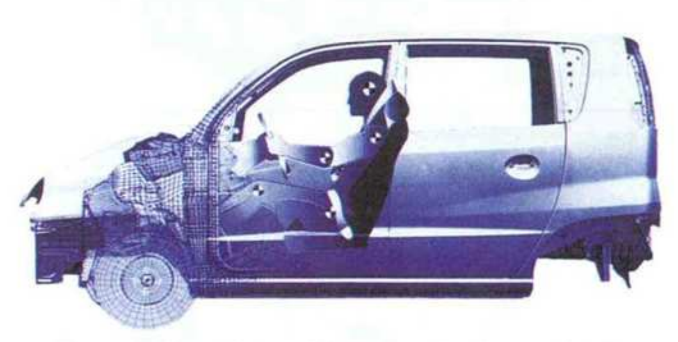


Figura 2.14. Deformación para evitar la afectación a los ocupantes de las plazas delanteras

Entre los componentes más importantes se encuentran:

- Largueros delanteros inferiores. Son dos vigas paralelas que parten del travesaño delantero. En estas piezas, la mayor parte de la energía que se produce en un impacto frontal es absorbida por las zonas de deformación progresiva situadas en los extremos delanteros de los largueros, de forma que el larguero se repliega arrugándose sobre sí mismo. Estas zonas son las que primeramente se deforman si la magnitud de los daños supera la capacidad de absorción de dicho elemento. En la Figura 2.16 pueden apreciarse las zonas de deformación en la parte exterior del larguero (1) y las de la parte interior del mismo (2).
- Largueros delanteros superiores. Suelen ser de tamaño reducido y se encuentran ubicados por encima de los pasos de rueda sirviendo de base de sustentación de las aletas delanteras. Habitualmente se apoyan sobre los refuerzos de los montantes delanteros, de forma que el larguero se comprima sobre sí mismo absorbiendo energía al hacer presión sobre la base de apoyo de dichos montantes que, a su vez, son los que protegen de ciertas deformaciones al habitáculo gracias a su gran resistencia.



1 Largueros delanteros inferiores.
2 Largueros delanteros superiores.
3 Travesaño delantero.
4 Pilares.
5 Largueros traseros.
6 Largueros laterales inferiores.
7 Vigueta transversal.
8 Travesaños de techo.
9 Barras laterales.

Figura 2.15. Puntos fusibles de una carrocería

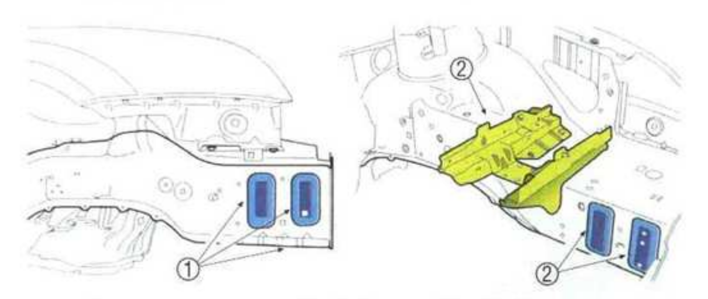


Figura 2.16. Zonas de deformación del larguero delantero inferior

- Travesaño delantero. Es el elemento de unión de los largueros delanteros y suele ser muy rígido (resistente a la flexión). Su misión es la de repartir las cargas para que la deformación sea uniforme en toda la estructura, ya que en caso de que se produzcan fuerzas de deformación asimétricas, el reforzamiento de este travesaño contribuye a que la parte más alejada del choque también quede implicada en el proceso de deformación y absorción de energía.

- Pilares. Refuerzan lateralmente la estructura, y junto a los largueros del techo forman el arco que configura el habitáculo.
- Largueros traseros. Absorben también energía en los impactos traseros debido a su estructura reforzada. Además, mantienen la integridad del depósito de combustible.
- Largueros laterales inferiores. Son piezas de gran tamaño que aportan gran rigidez a la carrocería, ya que su estructura suele estar formada por chapas con costuras de soldadura por compresión. La combinación de su estructura con espesores de aumento progresivo (chapas multiespesor), así como su anclaje sobre los refuerzos de la parte baja de la carrocería, dan como resultado un gran aumento de rigidez en el conjunto de la estructura, ya que se aumenta la rigidez en las zonas críticas y se mantienen las zonas de deformación programada. Bajo las puertas se encuentran los estribos, que también juegan un papel muy importante en materia de aplicación de refuerzos para mantener la integridad del habitáculo. Estos refuerzos contribuyen, junto al travesaño de seguridad dispuesto bajo el tablero de instrumentos, el travesaño montado debajo de los asientos delanteros y la protección interior de las puertas, a aportar rigidez de la configuración del habitáculo, permitiendo adicionalmente la apertura de las puertas en caso de impacto.
- Vigueta transversal (del panel de instrumentos). Proporciona rigidez al habitáculo, además de sustentar al parabrisas y los airbags delanteros.
- Travesaño de techo. Asegura el espacio de seguridad en caso de vuelco. En este caso, en la integridad del habitáculo también contribuyen los refuerzos (a modo de estructuras adicionales) de los montantes de la carrocería. Las traviesas superiores provistas de una serie de nervios le aportan mayor rigidez.
- Barras laterales. Evitan o minimizan las consecuencias de los golpes laterales. A veces se sustituyen por estructuras de puerta reforzadas.

2.1.3. Comportamiento de la estructura delantera

A nivel estructural, la parte delantera de rigidez diferenciada está diseñada para deformarse y sacrificarse, haciendo de escudo a un habitáculo que configura una célula de protección (habitáculo) muy rígida e indeformable mediante la adopción de una serie de refuerzos. Como se ha mencionado anteriormente, en muchas ocasiones lo habitual suele ser que los largueros delanteros se doblen de forma preestablecida, atenuando y absorbiendo la energía del choque. Asimismo los largueros suelen unirse por uno o dos travesaños delanteros que tienen la misión de distribuir la energía del choque a todo el frontal cuando el impacto se produce sólo en un lado del vehículo. Si a la configuración anterior se le une un diseño estudiado del capó y los pases de rueda, se obtienen como resultado unas estructuras que además de absorber energía en caso de choques contra una barrera fija perpendicular (poste), obtiene excelentes resultados en choque contra obstáculos rígidos, paredes, postes y objetos deformables como otros vehículos, limitando al máximo las fuerzas y las aceleraciones que llegan a la célula de protección.

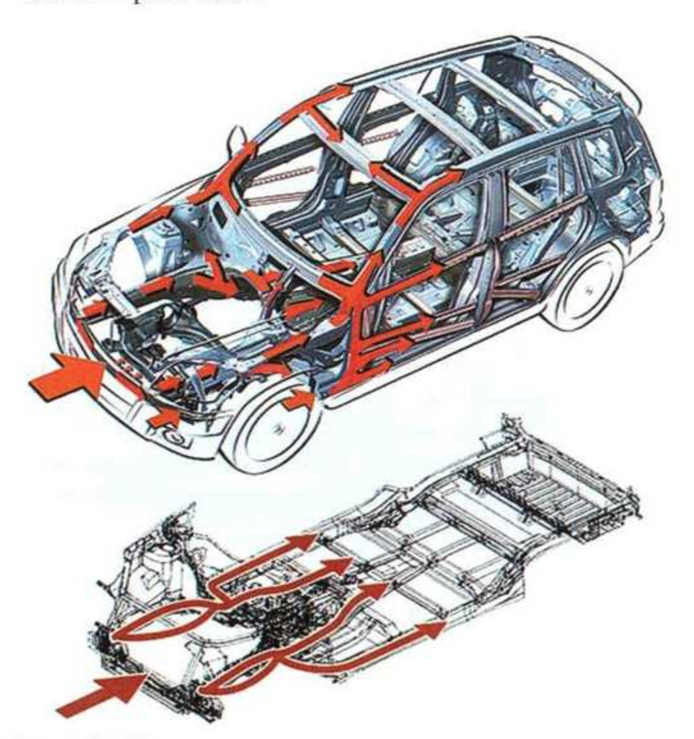


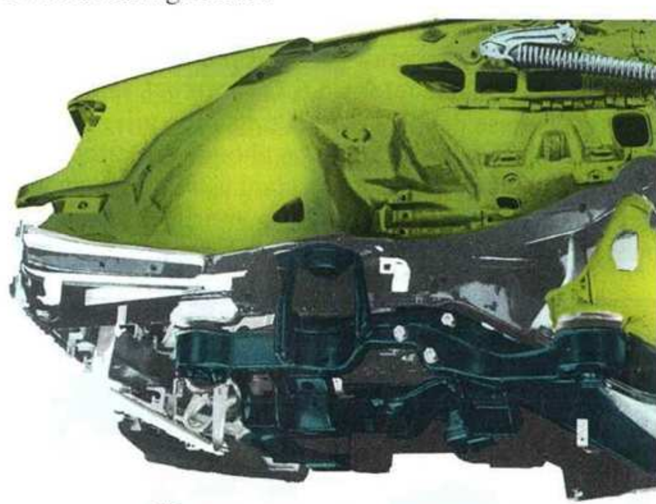
Figura 2.17. Diseño de las vías de absorción de la energía en un impacto delantero

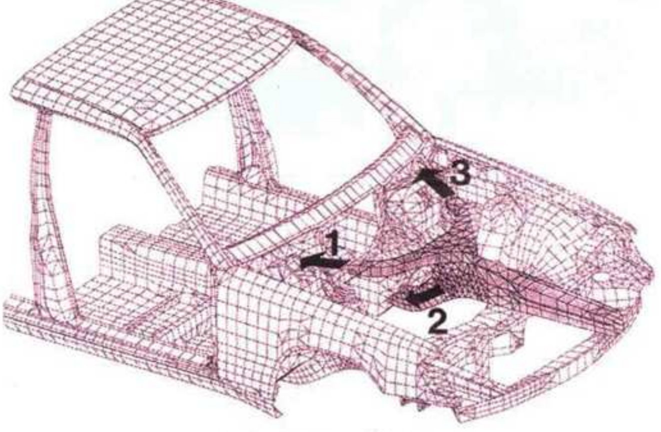
La fuerza de choque, ya notablemente mitigada al ceder la parte delantera, al avanzar encuentra la célula de protección que le bloquea el paso. Para hacerla indeformable, los largueros delanteros suelen anclarse al costado del vehículo con elementos específicos de unión que reparten la energía a otras partes de la estructura, mientras que el subchasis de las suspensiones, en su caso, descarga las fuerzas en puntos oportunamente cajeados. Asimismo, los refuerzos longitudinales en los largueros

situados debajo de la puerta, reforzados con tabiques interiores, garantizan un sólido apoyo a las ruedas.

De igual modo, la estructura del habitáculo también es muy rígida. Los refuerzos de las puertas y su acoplamiento a los montantes garantizan altos valores de resistencia al aplastamiento; los travesaños longitudinales y transversales aportan más solidez al piso y limitan al máximo las deformaciones del conjunto pedalier. El cajeado debajo del parabrisas y el soporte de anclaje del panel de instrumentos (vigueta transversal) aseguran el refuerzo transversal del habitáculo, haciendo completamente solidarios los costados a la altura de los cinturones. Por último, los montantes delanteros y centrales, y los travesaños del techo son sumamente robustos y contribuyen también a mantener íntegro el habitáculo.

Como resumen, entre las diferentes soluciones que adoptan los fabricantes para conseguir el comportamiento deseado de la parte frontal en caso de impacto cabría destacar las siguientes:





1. Túnel; 2. Piso; 3. Estribo

Figura 2.18. Larguero de horquilla que desvía la energía del choque en tres direcciones

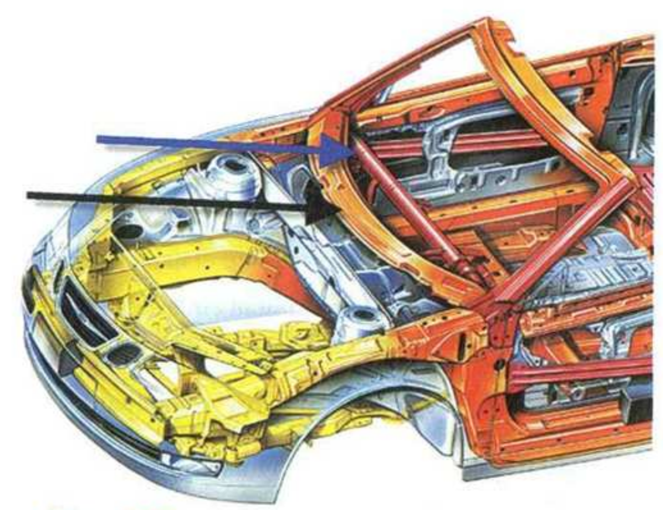


Figura 2.19. Travesaño estructural hueco bajo el parabrisas y barra de apoyo del panel de instrumentos

- La adopción de largueros delanteros en horquilla que distribuyen equitativamente la fuerte energía de choque hasta los componentes sustentadores del habitáculo, principalmente el suelo, los estribos y el túnel (en vehículos de propulsión trasera o 4x4). Además, el diseño de horquilla del bastidor alrededor del vehículo ayuda a mantener la integridad del habitáculo y a mantener operativas las puertas tras el impacto.
- Con una configuración adecuada de la traviesa inferior, largueros y subchasis se consigue que en casos de colisiones frontales tipo "offset" (descentradas), el piso del lado opuesto al choque también participe en la absorción de energía.
- La disposición de refuerzos en los largueros y en los montantes laterales conectados por un travesaño estructural hueco situado debajo del parabrisas garantizan la rigidez transversal del habitáculo, haciendo solidarios los laterales, a la altura de la línea de la cintura.



Figura 2.20. Zonas fusibles «cajeadas» de los elementos estructurales

- Con la utilización de refuerzos debajo del piso y en el soporte de la palanca del cambio se aumenta la solidez y la rigidez del piso, limitando al máximo las deformaciones.
- Una geometría y ubicación estudiada de los anclajes del motor consiguen que, en caso de choque, éstos descarguen las fuerzas sobre el armazón delantero, evitando cargas excesivas sobre el habitáculo.
- Una forma cónica o piramidal en la sección de los largueros conseguirá que éstos absorban energía progresivamente mediante su autoembutición. Cuando se utilizan largueros octogonales, éstos se deforman según el principio de "plegado de abolladuras", con la consiguiente reducción de la energía del choque.
- Determinados elementos de la estructura (principalmente largueros, traviesas y refuerzos de los pasos de ruedas) disponen de puntos fusibles (acanaladuras longitudinales, taladros, zonas curvas, muescas o pliegues) mediante las cuales se conseguirá que se deformen de manera controlada. Estos puntos fusibles se incorporan a la pieza en el proceso de estampación.
- Los refuerzos de los capós delanteros suelen disponer de puntos fusibles que, en caso de colisión frontal, hacen que los capós se doblen por su parte media, evitando su desplazamiento hacia atrás y que se incrusten en la luna parabrisas. En algunos vehículos las bisagras incorporan un sistema de autorretención (gancho), cuya función es evitar que las mismas se separen en caso de choque.



Figura 2.21. Sistema de autorretención del capó

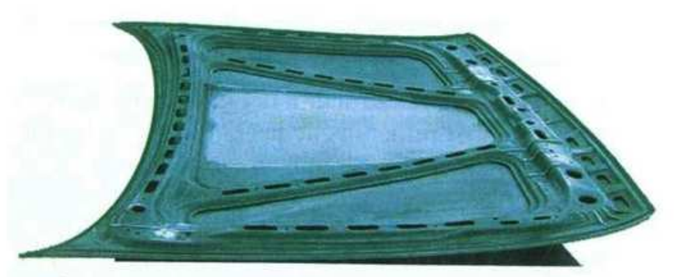


Figura 2.22. Refuerzos del capó con zonas fusibles

2.1.4. Comportamiento de la estructura trasera

En un choque posterior la deformación se inicia con el impacto en el paragolpes trasero que mediante los soportes de fijación distribuye la energía hacia los largueros traseros, y éstos comienzan a deformarse hacia el interior, consiguiendo una deformación uniforme y progresiva. A la vez también comienzan a deformarse los anillos de seguridad central y superior cerrados por la cintura de las puertas y los pilares reforzados C (traseros), también se deforma la base del piso por las zonas con pliegues para deformación programada. En un choque posterior ha de conseguirse que el depósito de combustible se mantenga ileso, y que las puertas se puedan abrir fácilmente después del impacto.



Figura 2.23. Deformación en un impacto trasero

En general, sobre todo para los vehículos tipo berlina o sedán, el aumento de seguridad puede conseguirse mediante varios procedimientos:

- Para aumentar la capacidad de deformación y absorción de energía se sustituyen los perfiles abiertos de los largueros traseros por perfiles cerrados (en forma de cajón) con chapa de mayor espesor.
- Se refuerzan las fijaciones entre el travesaño trasero y los montantes.

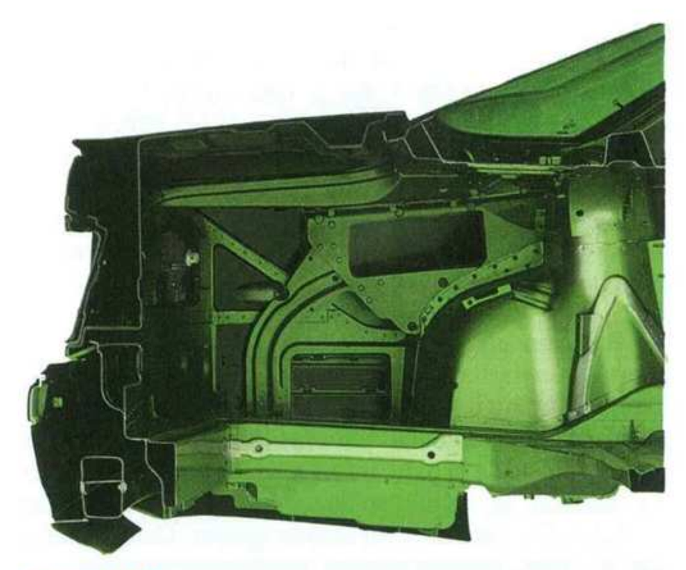


Figura 2.24. Utilización de perfiles cerrados en forma de cajón

- Se refuerzan los armazones de los laterales y los pasos de ruedas traseros.
- La rueda de repuesto suele encontrarse en el centro (bajo el piso del maletero) para incrementar la seguridad al actuar como elemento distribuidor de fuerzas, ejerciendo una función similar al motor en la parte delantera.
- El depósito de combustible se encuentra lo más protegido posible y lejos del parachoques trasero (encima del eje trasero en su caso).
- La configuración de las bisagras de la tapa del maletero debe evitar la intrusión de la misma en el habitáculo.
- Los largueros traseros suelen unirse mediante un travesaño rígido a la flexión, con el fin de distribuir las fuerzas de manera similar a como se hace en la parte frontal del vehículo.
- En carrocerías de tres volúmenes, la protección se completa (según fabricantes) con la función del travesaño situado bajo la luneta, la bandeja trasera y por el tabique posterior del respaldo, que también cumple la función de protección de movimiento de la carga transportada en el maletero durante el choque.

2.1.5. Protecciones laterales

Durante una colisión frontal o trasera, la carrocería puede deformarse de modo controlado para absorber y disipar la energía del impacto. En cambio, en un choque lateral esto no es posible, debido principalmente a que los laterales son zonas débiles, disponen de amplios huecos escasamente reforzados y además la separación entre las puertas y los pasajeros es reducida. En impactos de este tipo la estabilidad de la carrocería debe evitar deformaciones e impedir intrusiones que puedan resultar peligrosas para los ocupantes, ya que las posibilidades de protección en el choque lateral son más limitadas.

En este tipo de colisiones, la estructura entra fácilmente en contacto con los pasajeros. Por lo tanto, la protección se centrará en reforzar dicha estructura para evitar el hundimiento de las puertas y alejar a los pasajeros de la zona del impacto.



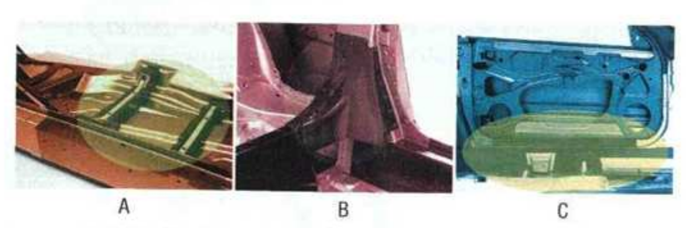
Figura 2.25. Diseño de las vías de absorción de la energía en un impacto lateral

Las principales soluciones que pueden adoptarse para lograr un óptimo grado de protección lateral pueden resumirse en términos generales:

- Reforzando y fabricando con unas generosas dimensiones los largueros colocados bajo la puerta.
- Con transiciones amplias de las columnas o montantes al marco del techo y a los largueros laterales para distribuir eficazmente las fuerzas que se originan en caso de choque.
- Con el alto nivel de rigidez transversal del montante delantero.
- Reforzando los montantes centrales y posteriores en los puntos de anclaje a los largueros, en los puntos de enganche de los cinturones de seguridad y en las zonas de los resbalones de las cerraduras.
- Un diseño especial de los montantes centrales para atenuar los efectos de los choques laterales. Un pilar central reforzado (puede alcanzar espesores del orden de 4,3 mm) consigue una rigidez que permite un mejor reparto de la energía en el trave-

saño del techo y en la traviesa del piso. Asimismo, la zona central se diseña con la máxima rigidez para que no se deforme y se desplace hacia el interior.

- Con travesaños de elevada resistencia debajo de los asientos.
- Reforzando la célula de ocupantes con traviesas muy rígidas, para que el lado contrario al que recibe el impacto participe también en la resistencia total de la estructura del habitáculo.



A. Travesaños de los asientos delanteros, resistentes a la presión.
B. Integración de gran volumen del pilar central en la plataforma del piso.
C. Largueros inferiores y estribos de las puertas de gran resistencia

Figura 2.26. Ejecuciones para la mejora de la protección lateral

- Con armazones de asientos capaces de soportar incluso las presiones laterales.
- Utilizando tapizados interiores de las puertas con absorción de energía o con perfil estudiado específicamente.
- Mediante reenvíos empotrados de los cinturones de seguridad, etc.
- Utilizando elementos altamente resistentes en la unión de las puertas (bisagras, cerraduras, resbalón), con ello se consigue que las puertas permanezcan cerradas y contribuyan en la transmisión de fuerzas.

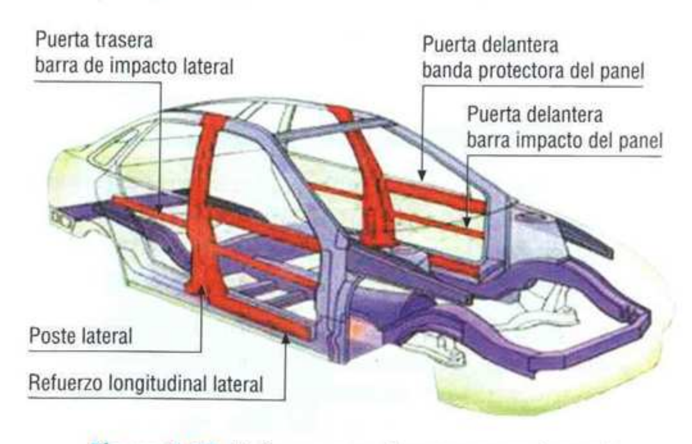


Figura 2.27. Refuerzos en la estructura lateral

La estructura de las puertas tiene una importancia fundamental en la seguridad de los pasajeros en caso de colisiones laterales y, por lo tanto, debe diseñarse de forma que la geometría y la rigidez de los paneles de la puerta sean las adecuadas para mantener los espacios de supervivencia del lateral y para reducir al mínimo las posibles lesiones de los ocupantes. La estructura de las puertas debe permitir la apertura después de una colisión frontal o trasera prevista por la normativa.

Básicamente, para aumentar la resistencia de las puertas y evitar la intrusión dentro del habitáculo se utilizan refuerzos de chapa embutida, unos diseños apropiados de las cerraduras y de las bisagras, y una buena unión y ajuste de la parte inferior de las puertas y el estribo. Además, un amplio solapamiento de las puertas con los laterales garantiza un mejor apoyo. Determinados constructores diseñan la parte superior de la puerta para que en el caso de colisión actúe como una "bisagra" y logre mantener su posición, en tanto que todo el resto de la puerta se desplaza hacia dentro como un péndulo, reduciendo de esta forma el riesgo de lesiones en las zonas más sensibles de la anatomía como el tórax, las costillas y la cabeza.



Figura 2.28. Barras perfiladas de protección lateral

El corazón defensivo de las puertas son las barras perfiladas de refuerzo colocadas longitudinalmente. Suelen fabricarse en acero de alta resistencia después de una larga serie de cálculos y pruebas experimentales cuya misión es aportarles rigidez y controlar su deformación para evitar que penetren en la estructura de la carrocería, facilitando así los trabajos de salvamento.



Figura 2.29. Cerradura de puerta

Como resumen, la protección lateral se aumenta de forma notable si:

- A las barras de las puertas se le añade el padding (material absorbente realizado con elementos plásticos con forma de nido de abeja).
- Se sitúan los asientos sobre traviesas con puntos fusibles en su unión a los largueros (de este modo, su deformación controlada evitará, en la medida de lo posible, el contacto de los ocupantes con las puertas y pilares).
- Se dispone de una estructura de las puertas particularmente rígida y sólidamente anclada a la robusta carrocería.
- Las bisagras y cerraduras son de alta resistencia.

Las cerraduras tienen una gran importancia en materia de seguridad pasiva y antirrobo. Desempeñan un papel básico en todos los tipos de choque y no sólo en los laterales. De hecho, es absolutamente necesario que durante todas las fases dinámicas que siguen a un choque las puertas permanezcan sólidamente cerradas. Las cerraduras deben pasar por pruebas de homologación para determinar su límite de resistencia. En posición cerrada deben aguantar como mínimo una fuerza longitudinal de 12 kN, y una transversal de 10 kN (en posición totalmente bloqueada). Además, no deben abrirse con aceleraciones longitudinales o transversales hasta de 30 g.

2.1.6. Protecciones antivuelco

La estructura del techo debe conferir mayor rigidez al habitáculo contribuyendo a la seguridad de los pasajeros tanto en caso de colisión lateral como en caso de vuelco.

Conviene tener en cuenta que en caso de vuelco la cabeza, el cuello, el tórax y el abdomen son las partes del cuerpo que pueden sufrir lesiones más graves. Además, el riesgo de lesiones de la columna vertebral se triplica con respecto a otros tipos de accidentes.

Las causas que originan estas lesiones son, fundamentalmente, la deformación del techo (que puede reducir tanto el habitáculo que no quede espacio para los pasajeros) y no llevar puesto el cinturón de seguridad, que es el encargado de retener al pasajero en su asiento (en este tipo de accidente, muchos ocupantes salen despedidos, y en el 66% de los vuelcos al menos se rompe una ventana). Para garantizar la integridad del habitáculo se utilizan diferentes soluciones como:

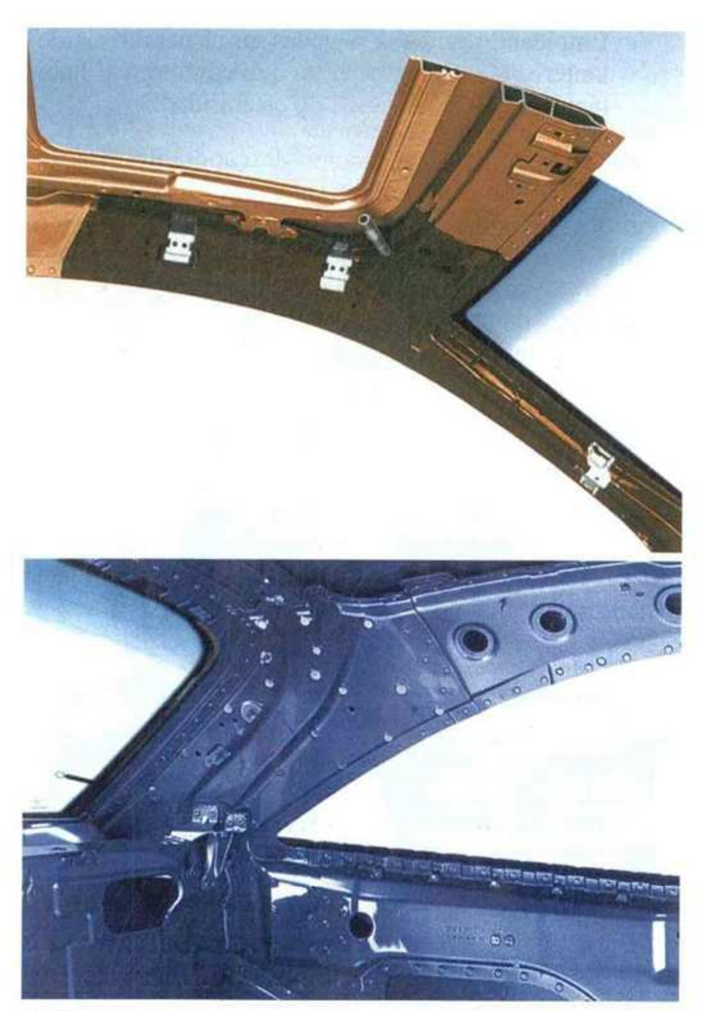


Figura 2.30. Refuerzos en los montantes para mejorar la protección antivuelco

- Empleo de materiales de alta resistencia que forman anillos indeformables.
- Mejorando la resistencia del habitáculo reforzando los montantes A, B y C (también el D en los vehículos "break").
- Utilizando travesaños estructurales huecos de unión entre los laterales de la parte superior del parabrisas y del maletero.
- Combinando ciertas piezas de chapa entre sí, de forma que en caso de encontrarse sometidas a esfuerzos hagan de contra-apoyo mutuamente, ofreciendo una mayor resistencia.
- Optimizando el número y la disposición de los huecos o taladros de montaje que suelen incorporar los largueros del techo (necesarios por razones técnicas de fabricación) para que no se origine su debilitamiento.

- Empleando uniones pegadas en el parabrisas delantero y luneta trasera, ya que confieren al habitáculo una mayor rigidez y estabilidad.

En el caso de los vehículos descapotables, los fabricantes han realizado numerosos estudios para conseguir un elevado nivel de seguridad en caso de vuelco. La mayoría de estos modelos incorpora como protección unos arcos de seguridad. En algunos casos estos arcos son escamoteables y, o bien pivotan por detrás del asiento delantero, o sobresalen detrás del respaldo de los asientos traseros. Su accionamiento puede realizarse de forma manual (mediante un interruptor), o mediante un sistema electrónico equipado con dos sensores que detectan situaciones críticas. Un sensor mide la distensión de los muelles de suspensión y el otro el grado de inclinación del vehículo. Cuando superan el umbral de seguridad el arco se despliega en tres décimas de segundo.

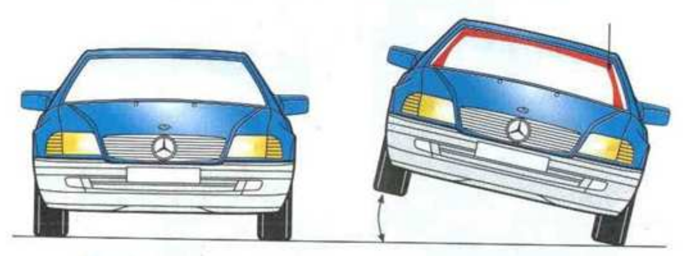


Figura 2.31. Arco de seguridad escamoteable en vehículos descapotables

La estructura de estos vehículos se refuerza en determinados puntos como el marco del parabrisas, los montantes centrales, el suelo y la parte posterior de los asientos traseros. Además, en este tipo de vehículos también resulta frecuente construir los largueros delanteros en forma de horquilla para absorber mejor las fuerzas que se generan en caso de colisión, desviándolas hacia la parte central de los bajos.

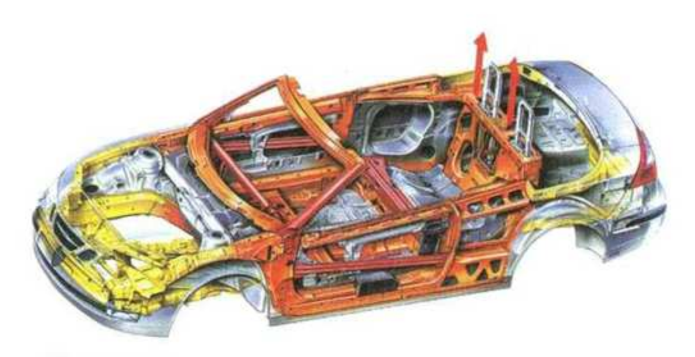


Figura 2.32. Estructura de un vehículo descapotable

2.1.7. Paragolpes absorbentes

Realizados en plásticos de gran ligereza con rellenos de material espumoso, permiten deformarse y volver a su estado original en colisiones a baja velocidad (alrededor de 4 km/h). Con estos materiales se consigue:

- Reducir considerablemente el peso total del vehículo.
- Limitar los daños materiales en pequeñas colisiones.
- Unos diseños más atractivos y armoniosos en la estética del vehículo.

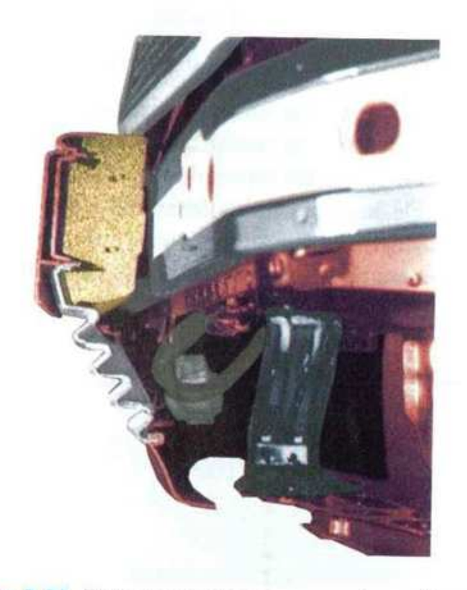


Figura 2.33. Estructura de un paragolpes absorbente



Figura 2.34. Paragolpes con travesaño de deformación

2.1.8. Anti-intrusión de la mecánica

La colocación del motor en la parte delantera de la carrocería del vehículo le hace especialmente peligroso en caso de choque frontal, ya que los ocupantes de las plazas delanteras podrían sufrir lesiones por el desplazamiento del grupo propulsor hacia el habitáculo. Por ello, el motor y la caja de cambios se ubican de tal manera que en vez de adentrarse en el interior del automóvil, se deslizan por la parte inferior del mismo, evitando así la intrusión. Esto se consigue diseñando los largueros de tal modo que tiendan a desviarse hacia abajo, arrastrando así a los conjuntos mecánicos hacia la parte inferior del vehículo (de forma similar a como actúan los largueros de la parte trasera para proteger al depósito de combustible en caso de colisión por alcance).



Figura 2.35. **Órganos mecánicos soportados por subchasis atornillado en la parte posterior**

En los casos en los que los órganos mecánicos están soportados por subchasis, éstos disponen de una unión atornillada en su parte posterior que en caso de impacto se desengancha, permitiendo que todo el conjunto (subchasis, motor, dirección, etc.) se deslice hacia abajo. De esta manera los largueros delanteros cumplen su función de deformación programada una vez liberados de la estructura rígida del subchasis.

En otros sistemas como el dispositivo "Proconten" de Audi, al desplazarse el motor hacia atrás, se activa un sistema de tracción por cable mediante el cual se retrae el volante y se tensan los cinturones delanteros.

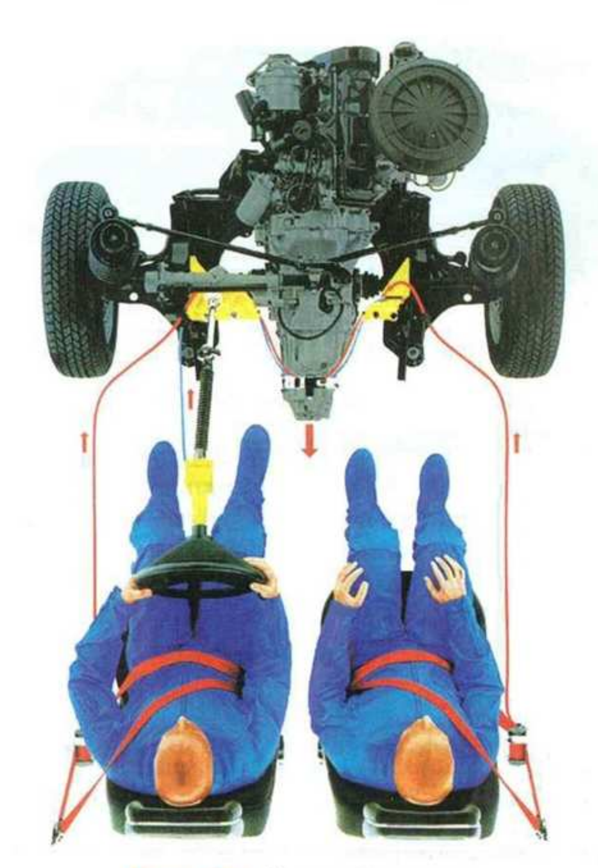


Figura 2.36. **Sistema Proconten**

2.1.9. El habitáculo

El acondicionamiento del habitáculo resulta vital para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo. Entre las medidas técnicas que suelen utilizar los fabricantes para aumentar la capacidad de seguridad pasiva del habitáculo, además de las mencionadas en los puntos anteriores, pueden citarse:

- Concepción estructural que permita un amplio margen de supervivencia (durante y después del impacto).
- Equipamiento de los sistemas apropiados para la sujeción de los ocupantes.
- Funcionalidad plena, después del accidente, de los elementos y conjuntos para la liberación de los ocupantes.
- Protección contraincendios.
- Sistema de fijación del parabrisas.
- Anti-intrusión de piezas de la carrocería por el parabrisas y luna trasera.



Figura 2.37. Habitáculo de pasajeros

- Desplazamiento del grupo de pedales.
- Amortiguación del impacto en los pies. En caso de choque frontal, un elemento de espuma de caucho incorporado en la moqueta del piso (en el lado del conductor) reduce las cargas sobre la pierna y el pie. Este elemento protector, de diseño antideslizante, reduce las cargas elevadas, ya que aminora la velocidad de choque del pie.
- Desplazamiento de la posición del volante. La estructura colapsable de la columna de dirección debe garantizar un pequeño desplazamiento hacia atrás del volante.
- Configuración adecuada del panel de instrumentos.
- Interiores acolchados. Deben utilizarse materiales blandos y sin aristas en revestimientos, paneles de puertas y techo, para evitar posibles lesiones (por contacto) de los ocupantes. En algunas ocasiones los apoyabrazos incorporan unas protecciones antichoque que, en caso de contacto violento, se deforman de modo controlado reduciendo el riesgo de lesiones. El compartimento portaobjetos de la puerta debe fabricarse con material sintético muy elástico que no se astille.



Figura 2.38. Comprobación después del accidente de los elementos de retención y el desplazamiento de los órganos mecánicos involucrados

- Utilización de lunas laminadas. El uso de este tipo de lunas reduce el peligro de lesiones oculares y faciales, ya que en caso de rotura el cristal no se fragmenta sino que se mantiene en una sola pieza.



Figura 2.39. Columna de dirección colapsable

Además se cuidan al máximo otros elementos para que en caso de choque se encuentren debidamente controlados, limitándose en lo posible los desplazamientos del tronco y de la cabeza.

Entre estos elementos (cuya descripción se realiza más adelante) se encuentran:

- Reposacabezas. Los reposacabezas sirven para evitar que en caso de choque la cabeza del conductor y los pasajeros se desplace hacia atrás, provocando lesiones cervicales.
- Asientos.
- Sistemas de retención. El cinturón de seguridad y los dispositivos airbags cumplen la función de mantener al conductor y a los pasajeros de un vehículo sujetos a sus asientos evitando que en caso de choque se golpeen contra la estructura del habitáculo.

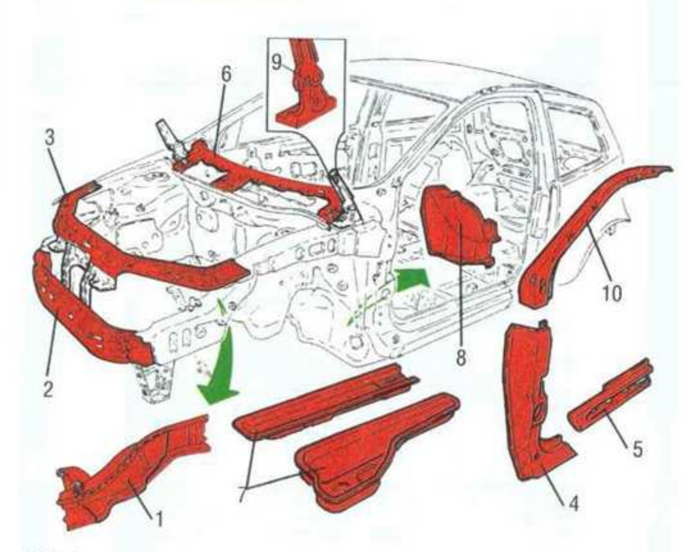


Figura 2.40. **Dispositivos airbags**

2.2 Refuerzos estructurales

Como resumen, y a modo de ejemplo, se detallan los refuerzos que incorporan algunos modelos en materia de seguridad pasiva:

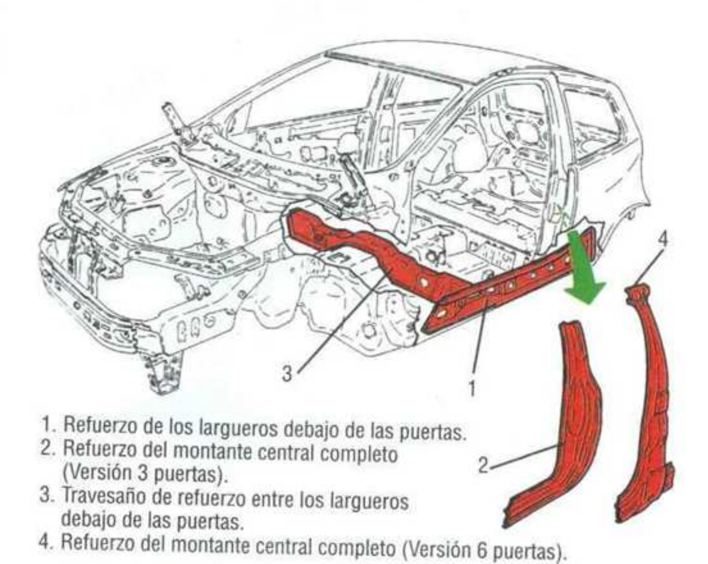
2.2.1. Resistencia a las colisiones frontales



1. Refuerzo en los puntales.
2. Travesaño anterior de unión de puntales.
3. Travesaño anterior portafaros.
4. Refuerzos en los montantes laterales.
5. Refuerzos en los largueros.
6. Travesaño estructural al hueco debajo del parabrisas.
7. Refuerzos longitudinales bajo el piso.
8. Refuerzos inferiores del salpicadero.
9. Gancho de sujeción del capó.
10. Refuerzo del montante del parabrisas.

Figura 2.41. **Refuerzos para colisiones frontales**

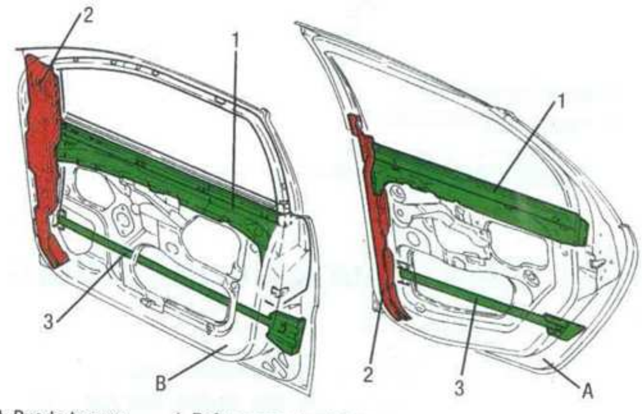
2.2.2. Resistencia a las colisiones laterales



1. Refuerzo de los largueros debajo de las puertas.
2. Refuerzo del montante central completo (Versión 3 puertas).
3. Travesaño de refuerzo entre los largueros debajo de las puertas.
4. Refuerzo del montante central completo (Versión 6 puertas).

Figura 2.42. **Refuerzos para colisiones laterales**

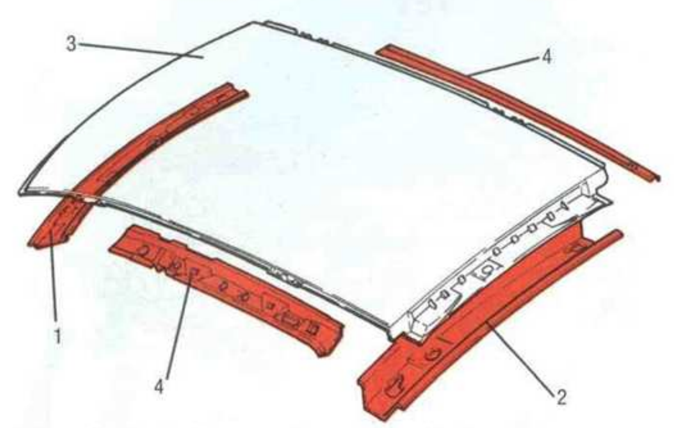
2.2.3. Estructura de las puertas



A. Puerta trasera.
B. Puerta delantera.
1. Refuerzos en la cintura.
2. Refuerzo del montante.
3. Barra tubular anti-intrusión.

Figura 2.43. **Refuerzos en la estructura de las puertas**

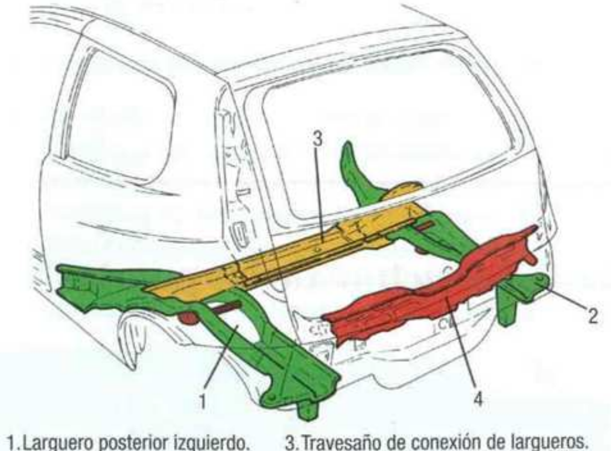
2.2.4. Estructura del techo



1. Travesaño estructural hueco superior parabrisas.
2. Travesaño estructural hueco superior maletero.
3. Techo.
4. Vigueta longitudinal superior.

Figura 2.44. Refuerzos en la estructura del techo

2.2.5. Resistencia a las colisiones traseras



1. Larguero posterior izquierdo.
2. Larguero posterior derecho.
3. Travesaño de conexión de largueros.
4. Travesaño trasero.

Figura 2.45. Refuerzos para colisiones traseras

2.3 Dispositivos de seguridad pasiva

2.3.1. Airbag (SRS, Sistema de Retención Suplementario)

El airbag es un dispositivo de seguridad pasiva cuya finalidad es evitar o limitar las posibles lesiones del conductor y acompañantes en los impactos que pueda sufrir el vehículo: frontal, lateral y vuelcos. De ello se deduce que existen distintos tipos de airbag: de conductor, de acompañante, laterales, de techo y de rodillas. El dispositivo airbag está compuesto por un cojín que se infla automáticamente interponiéndose entre el ocupante y la estructura del vehículo. La activación del airbag se realiza en función de factores como:

- Magnitud de la colisión.
- Posición del asiento del conductor.
- Ocupación del asiento del acompañante.
- Colocación del cinturón de seguridad.

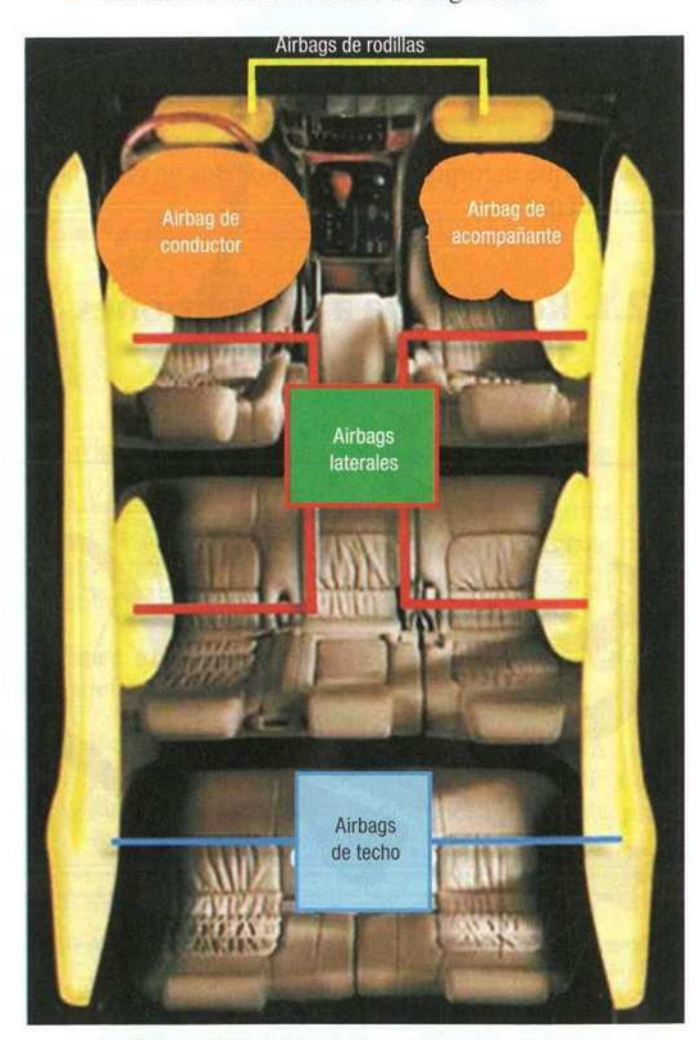


Figura 2.46. Diferentes tipos de airbags

El conjunto de estos factores determina la información general sobre las condiciones del accidente, cuya transmisión se realiza a través de diferentes sensores distribuidos por el vehículo. Los airbag de conductor y

acompañantes no se activan en los golpes laterales, traseros y vuelcos que pueda sufrir el vehículo.

1. Airbag del acompañante.
2. Módulo de control del airbag.
3. Airbag del conductor.
4. Sensor de carga del asiento (lado del acompañante).
5. Sensor de decelaración transversal (satélite).
6. Sensor de posición del asiento del conductor.
7. Interruptor del cierre del cinturón.
8. Sensor de colisión.
9. Airbag para la cabeza.

Figura 2.47. Componentes del sistema airbag

Una de las últimas evoluciones de este dispositivo consiste en un "*airbag inteligente*". Exteriormente no difiere de un airbag normal, pero incluye sensores localizados alrededor del asiento y que son capaces de regular 450.000 situaciones diferentes de los ocupantes del asiento delantero. El sistema incluye un ordenador que analiza la información recogida en 50 milisegundos, si el automóvil sufre una fuerte deceleración, el airbag se llena de gas en 30 milisegundos (la fase completa de deformación del coche en una colisión a 50 km/h dura unos 150 milisegundos). Este sistema impide la salida del airbag cuando el ocupante se encuentre demasiado cerca del panel de instrumentos, ya que la expulsión del airbag a esa distancia podría causarle daños (el airbag tampoco funcionará si en el asiento se encuentra una silla de bebé, si el asiento está vacío, o si el cinturón de seguridad se encuentra desabrochado). El inflado del airbag es radial y posee válvulas de seguridad para que se desinfle progresivamente cuando se ejerce una determinada presión sobre el airbag completamente inflado. Conviene recordar que los efectos del airbag pueden ser perjudiciales en caso de pesar menos de 50 kilos o medir menos de 1,60 m.

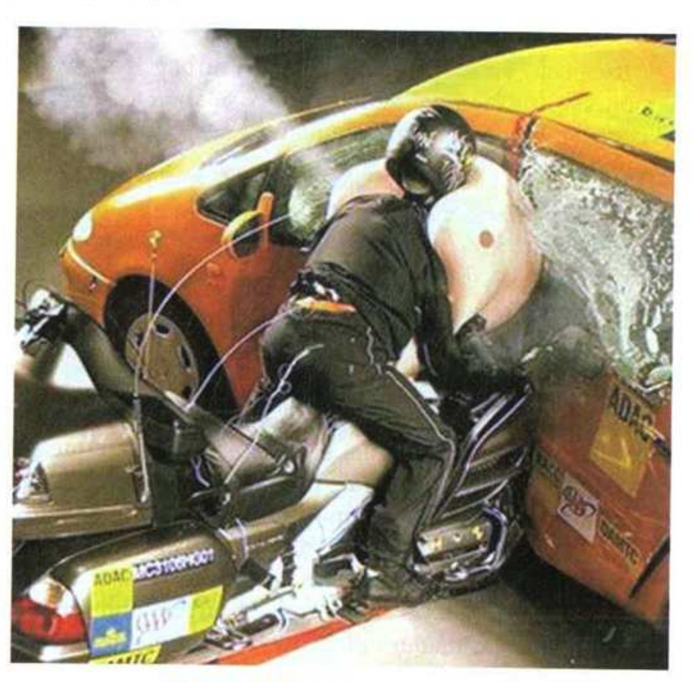
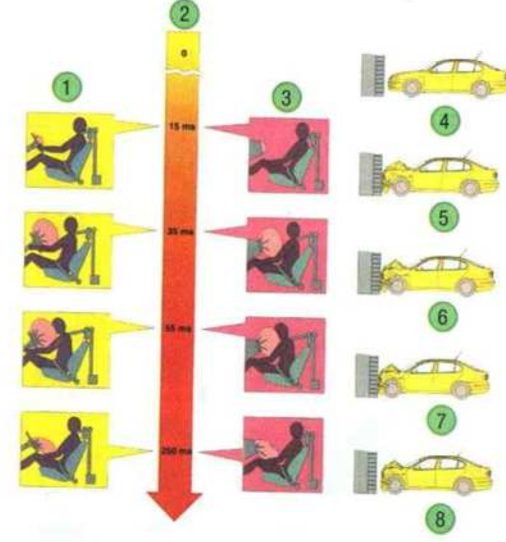


Figura 2.48. Airbag para moto



1. Conductor.
2. Tiempo en milisegundos.
3. Acompañante.
4. Inicio del accidente.
5. Disparo del airbag.
6. Despliegue de la bolsa.
7. Fase de contacto.
8. Fin del accidente.

Figura 2.49. Desarrollo en el tiempo del efecto de protección del airbag del conductor y del acompañante con cinturón de seguridad de tres puntos de anclaje

La velocidad de inflado puede variar en función de las dimensiones de cada bolsa (las de gran tamaño necesitan una explosión mayor de los cartuchos, ya que es

también mayor la cantidad de gas que han de insuflar); por esta razón, los fabricantes tienden a realizar airbags cada vez más pequeños.

Respecto a su ubicación, tanto el airbag frontal del conductor como el del acompañante se suelen situar en el centro del volante y en la guantera, respectivamente.

Los airbag laterales protegen la caja torácica y la cabeza de los ocupantes. El funcionamiento es similar al de los dispositivos colocados en el frontal del vehículo, sólo que en esta ocasión los airbags se sitúan bien en los paneles laterales de las puertas, o bien en forma de una bolsa inflable única sujeta al asiento, evitando los posibles daños causados por colisiones en estas zonas.

Su principal característica es el tiempo extremadamente rápido de despliegue. Esto es así debido a que en caso de una colisión lateral, la distancia que separa al ocupante del obstáculo es muy corta, tan sólo de unos 30 cm. Por ello, sólo pasan 30 milésimas de segundo entre el principio y el final de la activación del airbag Así, en caso de accidente lateral, el airbag combinado complementa de manera efectiva los equipamientos ya existentes, como son las estructuras de absorción de impacto en los paneles de las puertas. Las simulaciones matemáticas muestran que, si todos los coches estuvieran equipados con airbags combinados laterales, habría una reducción de entre el 15 y el 17% de las lesiones producidas como consecuencia de los impactos laterales.

1. Tiempo en milisegundos.
2. Inicio del accidente.
3. Disparo del airbag.
4. Despliegue de la bolsa.
5. Fin del accidente.

Figura 2.50. Fases de activación del airbag lateral

El airbag de techo suele consistir en una cortina lateral a cada lado del vehículo tejida en una sola pieza y oculta bajo el forro del techo, cuya misión es la de evitar los daños causados en la cabeza por la cesión de la estructura superior en caso de vuelco. Algunos de estos dispositivos están confeccionados en dos secciones: una inferior y otra superior. Cuando la bolsa de aire se activa, primero se hincha la parte inferior, para proteger la caja torácica (la que primero recibe el impacto en una colisión lateral). Una vez llena, parte del gas se desplaza hacia arriba para llenar la sección superior y proteger así la cabeza, que en el momento del choque se debe encontrar algo más alejada de la estructura lateral, y por tanto recibe el impacto con un ligero retraso. Otros sistemas adoptan diferentes disposiciones: como una bolsa alargada que se extiende longitudinalmente sobre el parabrisas delantero en caso de impacto, o disponer de un airbag de techo en cada una de las puertas. Tal y como ocurre con el airbag frontal y lateral, el funcionamiento básico es el mismo, hinchándose en tan sólo 25 milésimas de segundo.



Figura 2.51. Airbag de cortina o techo

Inspirándose en la retención programada de los asientos delanteros, también se ha desarrollado una nueva generación de airbag frontal para asiento trasero, cuya particularidad es que está integrado a la parte ventral del cinturón de seguridad.

Este sistema, gracias al cual el airbag se coloca exactamente delante del ocupante, se hincha a partir de un generador de gas situado en el piso, garantizando una calidad de protección equivalente a la de los pasajeros delanteros.

En otros casos se utiliza el airbag de cortina para la luneta posterior, para aumentar la protección de los pasajeros de la segunda fila de asientos en caso de colisión trasera. Este sistema de seguridad pasiva se despliega desde su ubicación (situado aproximadamente sobre la

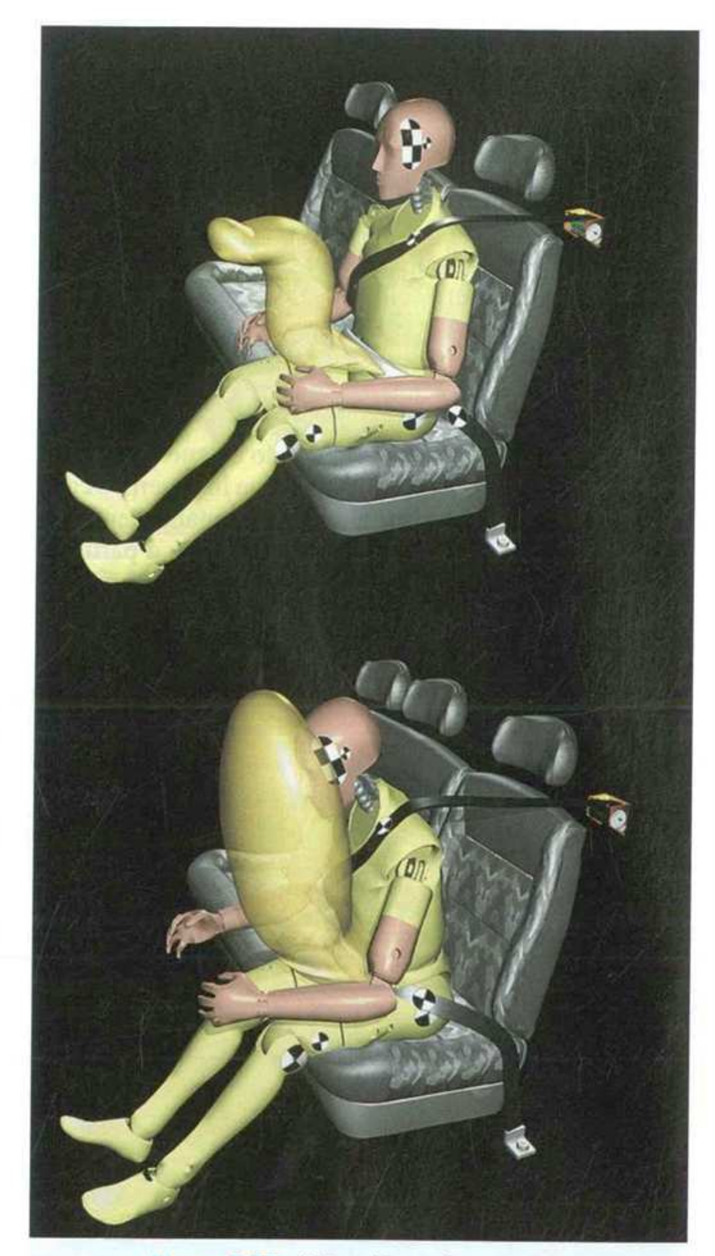


Figura 2.52. **Airbag frontal posterior**

junta existente entre el techo y el portón trasero) y, junto con el apoyo de los reposacabezas, minimiza el impacto de una posible colisión sobre los pasajeros.

La evolución de los dispositivos de retención llega a desarrollos como los conjuntos adaptativos, que asocian un airbag de volumen variable con un cinturón dotado de dos pretensores, de tal manera que con esta combinación se dosifica y distribuye mejor la energía de retención de los ocupantes en función de la intensidad del choque, garantizando una mayor protección en caso de choques de elevada magnitud (superiores a 65 km/h), sin crear paralelamente efectos secundarios en choques de menor envergadura.



Figura 2.53. **Airbag de luneta para las plazas traseras**

El airbag adaptativo se compone de un generador de presión con dos niveles destinado a hinchar la bolsa con un volumen variable. Este airbag se basa en los mismos principios de funcionamiento que la retención programada, es decir, una salida de aire pilotada destinada a controlar la presión nominal y a regular el caudal de gases evacuados. El cinturón de seguridad adaptativo conserva el limitador de esfuerzo con el fin de reducir la tensión de la correa a lo mínimo necesario para aliviar el tórax y el hombro. Cinco milisegundos después del comienzo del choque, el calculador de impacto activará el primer pretensor, destinado a compensar el juego del cinturón de seguridad. En los diez milisegundos posteriores, el sistema evalúa la intensidad del choque. Si no es grave,

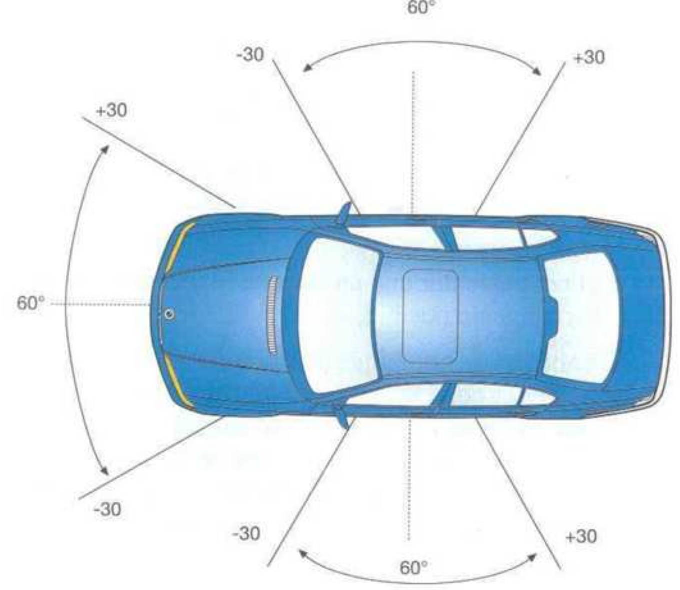


Figura 2.54. **Campo de activación del airbag**

sólo se activa el airbag de poco volumen para amortiguar el posible contacto de la cabeza con el volante o contra el panel de instrumentos. En la hipótesis de un choque más grave, se activa el segundo pretensor como complemento del primero y sujeta al ocupante contra su asiento. Esta doble pretensión del cinturón reducirá el desplazamiento del ocupante, disminuyendo de forma significativa las lesiones en las piernas y en los pies. Asimismo, se activará el segundo generador de gas e hinchará el airbag de segundo nivel (de mayor volumen), minimizando considerablemente el riesgo de heridas.

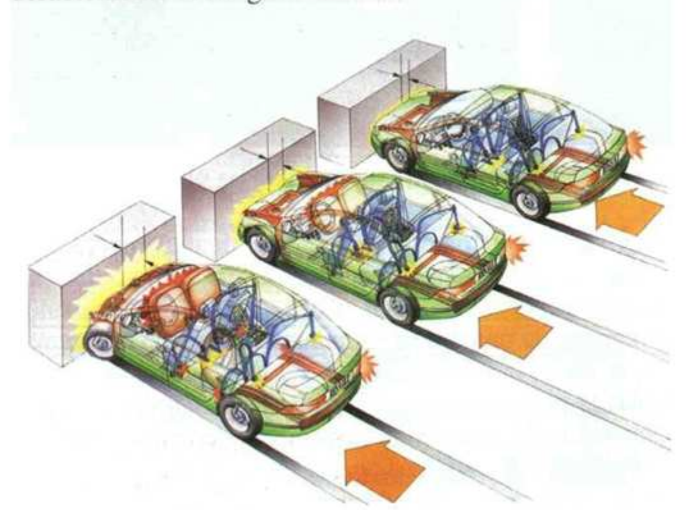


Figura 2.55. Airbag adaptativo

2.3.2. Cinturones de seguridad

Los cinturones de seguridad tienen varios fines fundamentales:

- Evitar el contacto físico del usuario con elementos del vehículo (volante, cuadro de instrumentos).
- Procurar que los pasajeros participen de la deceleración del vehículo lo antes posible.
- Conseguir una disipación de la energía que llega al ocupante durante un choque lo más lenta y uniformemente posible.

Las normas de homologación prescriben que los cinturones de seguridad deben estar construidos con dos o más cintas de tejido muy resistente capaces de soportar una carga de 1.500 kilos y fijados con bridas a los anclajes colocados en la carrocería. Una hebilla especial permite el enganche del cinturón, mientras el desenganche se efectúa rápidamente por sistema de palanca o pulsador instalados en la propia hebilla. Para entender mejor la importancia que tienen los dispositivos de retención es necesario repasar las leyes físicas que se ponen de manifiesto en una colisión. En estos casos aparecen una serie de fuerzas: unas, debidas a los pesos de la carga y ocupantes (fuerzas estáticas); otras, provocadas por las aceleraciones y deceleraciones (fuerzas dinámicas), y, por último, las producidas por el rozamiento del aire y el coche (fuerzas aerodinámicas). Durante la colisión se produce lo que denominamos deceleración, que determina la gravedad del accidente. Si en una colisión hay una velocidad inicial que tiene que acabar siendo 0, la deceleración viene a ser la rapidez con la que se produce este cambio. Pero hay que aclarar que este concepto no se evalúa en base a una medida de tiempo, sino que la deceleración se mide en "g"; teniendo en cuenta que cada "g" equivale a la aceleración con que los cuerpos caen a la tierra (9,8 m/s^2) y que el cuerpo humano tiene una tolerancia limitada a la deceleración, ya que a partir de 10 g empieza a sufrir lesiones y no es capaz de aguantar más de 30 g.



Figura 2.56. Regulación del cinturón en función de la anatomía del ocupante

Hoy en día se ha generalizado el cinturón con tres puntos de anclaje, combinado con un dispositivo automático de enrollamiento (cinturón automático). Esta instalación deja suficiente libertad de movimientos. Al desacelerar bruscamente, al circular por curvas, o cuando los ocupantes realizan movimientos repentinos, un trinquete de parada bloquea el mecanismo de enrollamiento. Como ayuda para complementar la acción del cinturón es importante regular correctamente el reposacabezas (coincidiendo su parte superior con la zona más alta de la cabeza), y disponer de asientos con cuña interior an-



Figura 2.57. **Dispositivo retractor del cinturón de seguridad**



Figura 2.58. **Asiento con cuña interior antideslizante para evitar el efecto «submarining»**

tideslizante para evitar el efecto "submarining" (no deslizarse por la parte inferior del cinturón). Asimismo, la inversión regulable en altura del cinturón y la sujeción del cierre en el mismo asiento, y no sobre el suelo del habitáculo, garantizan una buena adecuación ergonómica a la anatomía del ocupante. Con la incorporación de los cinturones con pretensor pirotécnico se optimiza la protección de los ocupantes del vehículo en caso de colisión. Los cinturones con pretensor evitan (cuando se activa el mecanismo normal de bloqueo en caso de una colisión considerable de unas características determinadas) que al chocar el vehículo, el ocupante salga impulsado hacia adelante con la consiguiente fuerza de aceleración y la inmediata frenada brusca. El tensor reacciona, ya sea activado de forma mecánica o pirotécnica, tensando el cinturón automáticamente antes de que se inicie el movimiento relativo del ocupante respecto al vehículo en un margen de tan sólo 10 milisegundos.

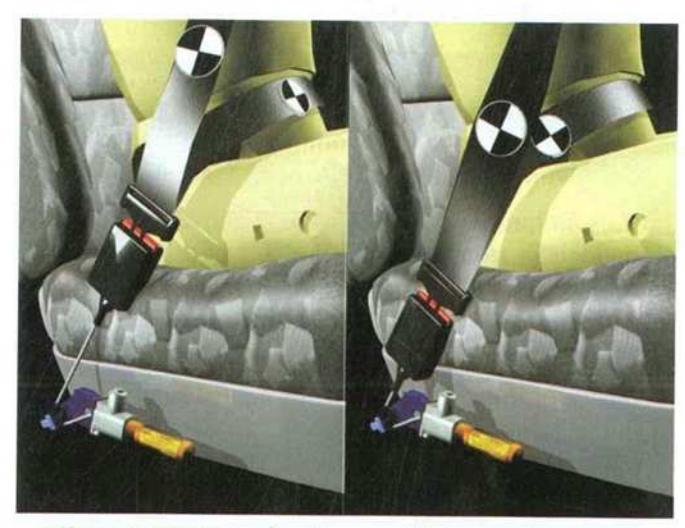


Figura 2.59. **Cinturón de seguridad con dispositivo pretensor (inactivo y activado)**

Con el pretensado, el cinturón consigue una mejor adaptación al ocupante. De este modo, el movimiento del pasajero en el caso de choque es menor, y también el desplazamiento del tórax, disminuyendo los daños ocasionados por el accidente.

Los pretensores más innovadores "enrollan" unos 8 o 9 cm el cinturón en el momento en que detectan que se está produciendo un choque de elevada magnitud, de

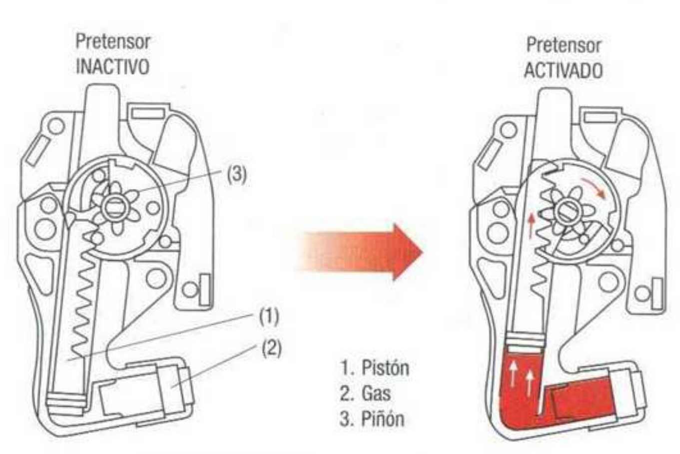


Figura 2.60. **Pretensor pirotécnico**

esta forma garantizan su perfecta adherencia al cuerpo y se consigue su acción inmediata, a la vez que anulan el efecto "slack"; que se produce porque los cinturones no se adhieren directamente a las caderas y al tórax, sino a la ropa de los pasajeros (sobre todo en invierno al llevar ropa más gruesa y voluminosa) y por lo tanto retiene con retraso y sólo parcialmente el avance del cuerpo.

Campo de activación

En situaciones de accidentes, a velocidades superiores a 28 km/h, el impacto es lo suficientemente fuerte como para que el conductor y el acompañante lleguen a chocar contra el volante o el tablero de instrumentos.

Los cinturones con pretensor se activan en choques de incidencia frontal u oblicua dentro de un campo de acción de ± 30º.

El momento de activación viene determinado por la deceleración producida en el vehículo, de forma que el pretensor pirotécnico debe haber actuado antes de que se inicie el movimiento relativo del ocupante respecto al vehículo (entre 20 y 30 ms dependiendo de la deceleración).

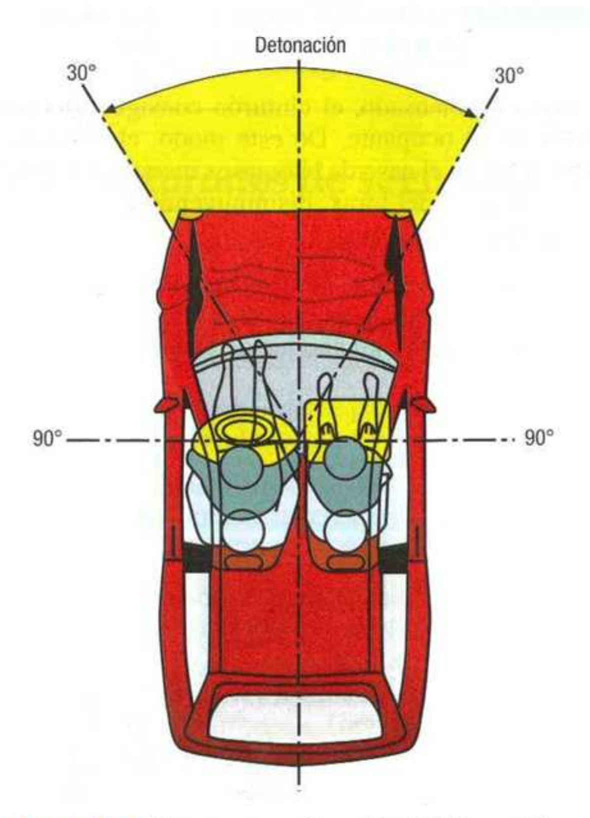


Figura 2.61. Campo de activación del dispositivo

Condiciones de funcionamiento

- *Activación*. Los cinturones pirotécnicos siempre se activan en:
  - Choque frontal a partir de 28 km/h.
  - Choque oblicuo con un ángulo máximo de ±30º a partir de 38 km/h.
- *No activación*. Los cinturones pirotécnicos no se activan en:
  - Choque por la parte posterior, lateral o vuelco.
  - Condiciones de conducción normal o extremas con frenadas fuertes.
  - Choque frontal por debajo de 15 km/h.
  - En presencia de cualquier tipo de campos magnéticos.

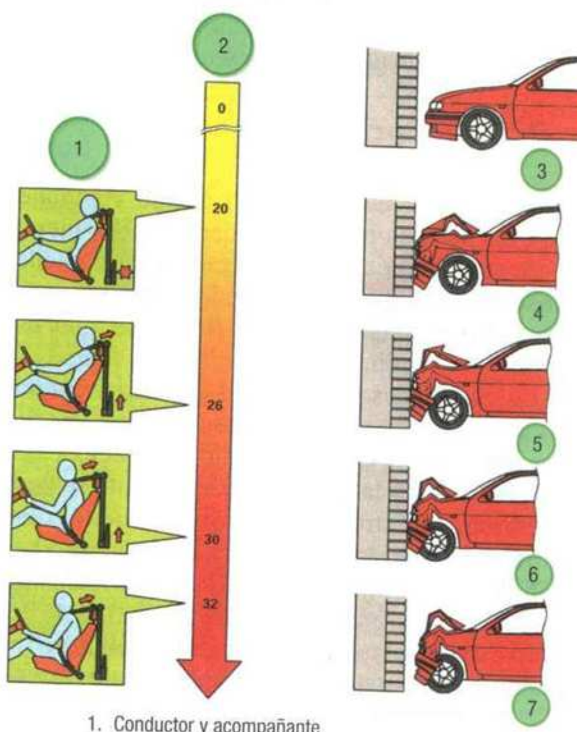
Desarrollo cronológico del ciclo

El desarrollo del accidente puede dividirse en las siguientes fases:

- En el instante "cero" el vehículo impacta contra el muro.
- 20 ms más tarde, el sensor activa la combustión del generador de gas.
- Después de 20-22 ms se inicia el movimiento del émbolo que a su vez tira del cable retractor. El movimiento del cable hace girar el embrague, que se activa por efecto de la fuerza centrífuga y transmite el esfuerzo al eje retractor.
- Después de 22-26 ms el eje gira retrayendo la cinta, normalmente entre 40 y 150 mm, dependiendo de la holgura de la cinta.
- A los 30 ms se inicia el movimiento del ocupante respecto al asiento.
- A los 32 ms entra en funcionamiento el sistema de bloqueo del retractor hasta que el pasajero retrocede y queda en la posición inicial, con la retracción del cinturón se consigue una disminución considerable del movimiento del pasajero y por tanto se evitan posibles lesiones debidas a impactos contra los elementos del interior del vehículo, además de reducir los esfuerzos en el tórax y en el cuello del ocupante.

La mayoría de los vehículos presentan frecuentemente evoluciones en cuanto a geometría de cinturones de segu-

ridad y en lo que a rigidez de asiento se refiere, destinadas a limitar el riesgo de lesiones abdominales y lumbares en caso de submarinado. Hoy en día, la introducción gradual de limitadores de esfuerzo de 600 kilos, combinados con la geometría de anclaje, permite reducir no sólo los riesgos abdominales, sino también los torácicos.



1. Conductor y acompañante.
2. Tiempo en milisegundos.
3. Inicio del accidente.
4. Activación del generador de gas.
5. Despliegue del pistón e inicio de la retracción.
6. Movimiento del ocupante respecto al asiento.
7. Bloqueo del retractor y retroceso del ocupante.

Figura 2.62. Desarrollo cronológico de un impacto frontal contra un muro a una velocidad de 50 km/h

Con la integración de los anclajes del cinturón de seguridad en el propio asiento se aumenta notablemente la protección cuando se produce un accidente. En este caso el cinturón es más corto que los convencionales, no se alarga tanto durante la fase de impacto y se reduce la carga soportada por el ocupante.

Sin embargo, el cinturón de seguridad tiene una serie de limitaciones, ya que su función es impedir que el cuerpo de las personas se desplace, pero deja libre la cabeza. Hoy en día la combinación de cinturón y airbag supone una solución eficaz para proteger la cabeza de graves lesiones provocadas por la pivotación y el golpeo con alguna parte del habitáculo (normalmente el volante o el panel de instrumentos).

Debido a la importancia vital que tiene este dispositivo, y la necesidad de llevarlo permanentemente abrochado, existen una serie de medidas para que sea imprescindible su utilización. Como ejemplo, algunas de las soluciones estudiadas son: bloquear el arranque del motor, utilizar luces o sonidos internos, señales luminosas externas, provocar vibraciones o un aumento de la dureza en el pedal del acelerador, activar los elevalunas bajando las ventanillas, desconectar la radio o el aire acondicionado, etc.

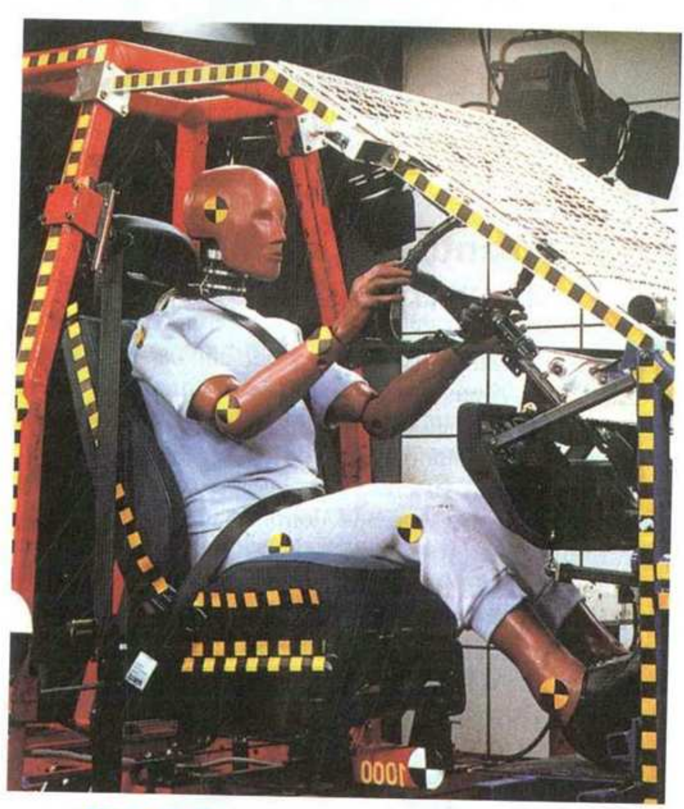


Figura 2.63. Banco para pruebas de eficacia de cinturones de seguridad

2.3.3. Columna de dirección articulada colapsable

Esta configuración de la columna de dirección contribuye a evitar los peligrosos retrocesos del volante en caso de choque frontal. Los árboles de dirección articulados permiten la rotura en tantas partes como rótulas o articulaciones tenga en todo su desarrollo, evitando que la barra salga en una sola pieza proyectada hacia el conductor. El tramo inferior suele ser de tipo "colapsable" para mantener fija la posición del volante en los impactos. Asimismo, la cubierta inferior de la columna de la di-

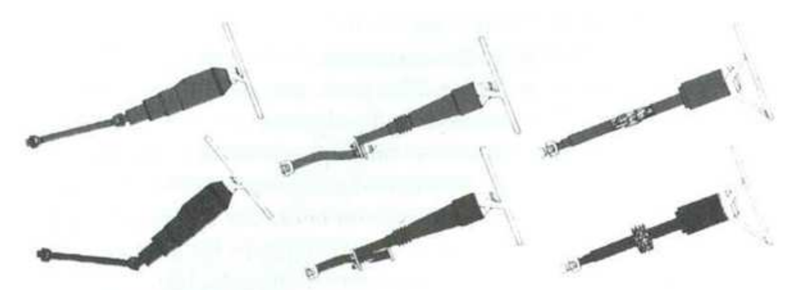


Figura 2.64. Dispositivos colapsables de la columna de dirección

rección suele poseer un acolchado de gomaespuma para reducir los daños que se puedan producir en las rodillas por su desplazamiento en caso de colisión.

2.3.4. Volante con absorción de energía

Este tipo de volante dispone de un diseño especialmente estudiado sin zonas rígidas y con estructura deformable para minimizar el efecto de un posible golpe contra el conductor, completando así la defensa suministrada por la estructura y los sistemas de sujeción en el caso de un choque frontal. La variedad denominada EAS (Energy Absorbing Steering-wheel) se complementa con una columna de dirección compuesta de tres secciones muy descentradas entre sí unidas por juntas tipo "cardan", que impiden que el volante se desplace hacia adentro incluso cuando el vehículo sufre un impacto muy fuerte.



Figura 2.65. Volante EAS (Energy Absorbing Steering-wheel)

Además, la corona del volante y los radios son amplios y redondeados (cubiertos por un material expandido que al golpearse no produce astillas), con el fin de distribuir las fuerzas en una superficie más amplia y por tanto reducir las posibilidades de lesiones. Asimismo, el buje se encuentra empotrado profundamente y revestido de espuma que absorbe energía.

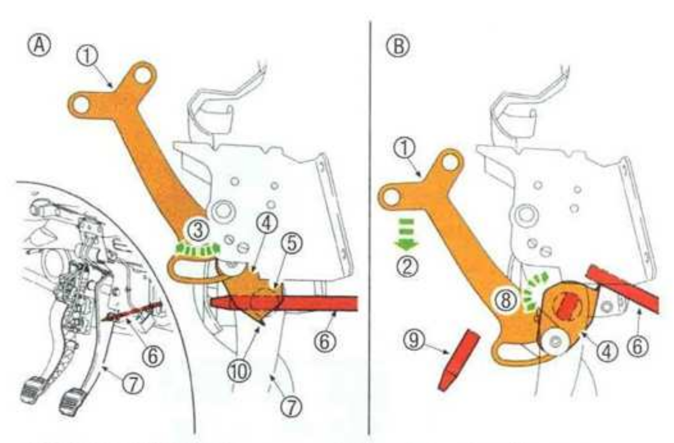
2.3.5. Pedales

Debe prestarse mucha atención al diseño y anclaje del conjunto de pedales para evitar daños sobre piernas y pies. Para reducir las elevadas cargas a que se puede encontrar sometida la pierna, la pared frontal de cierre del habitáculo (salpicadero) debe ser resistente a las deformaciones, y el conjunto "pedalier" debe fijarse de tal modo que los pedales se alejen del conductor cuando se produzca una deformación importante en la parte delantera. En este sentido, existen algunas innovaciones sobre el pedal de freno en las que este componente se desacopla del cilindro maestro al producirse una fuerte colisión, con el fin de reducir las lesiones que puedan producirse en los pies del conductor. Para ello, un mecanismo de desacoplamiento se encarga de partir la varilla de accionamiento que une el pedal de freno con el cilindro maestro cuando la colisión que se produce es de una cierta



Figura 2.66. Desplazamiento del conjunto de pedales en caso de choque

envergadura; en ese momento la presión que ejerce el cilindro maestro sobre el pedal de freno se interrumpe y este último puede bajar a la chapa del piso. La palanca de desacoplamiento se apoya en el tubo de sujeción del tablero de instrumentos. El soporte para la palanca de accionamiento del cilindro maestro es giratorio. Cuando se produce un impacto de envergadura, el apoyo para la varilla de accionamiento gira por la acción de la palanca de desacoplamiento y rompe la varilla.



A. Pedal en estado normal.
B. Pedal en una colisión.
1. Palanca de desacoplamiento.
2. Dirección de movimiento de la palanca de desacoplamiento.
3. Dirección de movimiento en una frenada.
4. Mecanismo de desacoplamiento del pedal de freno.
5. Soporte para la varilla de accionamiento del cilindro maestro.
6. Varilla de accionamiento para el cilindro maestro.
7. Pedal de freno.
8. Movimiento giratorio del mecanismo de desacoplamiento.
9. Varilla de accionamiento partida (tras la colisión).

Figura 2.67. **Dispositivo desacoplador del pedal con la bomba de freno**

2.3.6. Tablero de instrumentos

El tablero de instrumentos es una pieza multifuncional de precisión que, además de otras funciones, tiene una gran importancia en cuanto a seguridad y confort se refiere. Debe estar fabricado con una estructura portante de material ligero (aluminio o magnesio) rodeada de poliuretano blando (PUR), tener un contorno redondeado y no presentar aristas para ayudar a proteger a los ocupantes (sobre todo en la zona de las rodillas) de los efectos de un choque. El grupo de climatización debe fijarse (a ser posible) sobre la vigueta transversal para evitar su intrusión en el habitáculo en caso de choque. Asimismo, se evitarán la colocación de bandejas abiertas (la guantera debe tener un punto preestablecido de rotura en caso de choque).



Figura 2.68. **Diseño del tablero de instrumentos bajo criterios de ergonomía, estética, confort y seguridad**

2.3.7. Asientos

Aparte de acomodar a los ocupantes del vehículo garantizando el suficiente grado de confort y sujeción, los asientos cumplen funciones más importantes, como la de asegurar la máxima protección a los ocupantes en caso de impacto (siempre en combinación con los cinturones de seguridad y los airbags). En cuanto a ergonomía y confort se refiere, las múltiples posibilidades de regulación, el grado de sujeción lateral y el soporte lumbar, garantizan un nivel de comodidad idóneo incluso para largos desplazamientos. Por otro lado, las piezas del acolchado absorben grandes cargas mecánicas, tienen una excelente duración de servicio y pueden fabricarse en cualquier forma que se desee. La espuma moldeada elástica permite un diseño ergonómico con buenas propiedades de atenuación de vibraciones y un

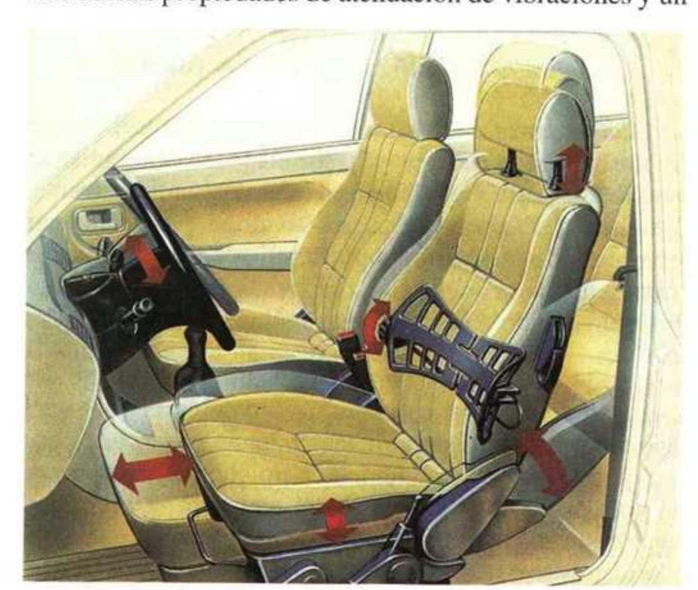
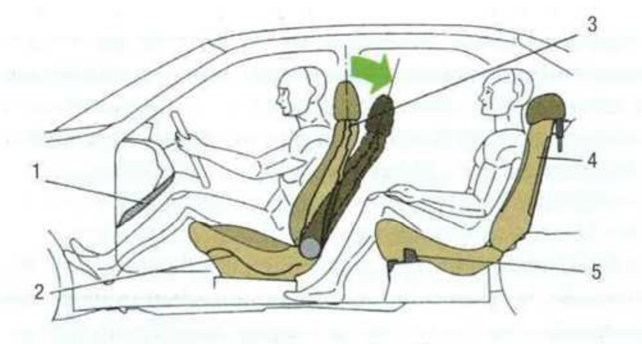


Figura 2.69. **Regulación ergonómica del asiento**

alto confort de conducción y climatización. Con el empleo de espuma y relleno de apoyo diferenciado se consigue un soporte óptimo a las distintas partes del cuerpo, permitiendo una sujeción del conductor con mayor estabilidad lateral en cualquier situación de conducción.

Además de la ergonomía y el confort, en su diseño se presta especial atención a su fijación y anclaje; como ejemplo, en algunos casos, los asientos delanteros se desplazan ligeramente hacia atrás al producirse un choque frontal, en otros casos el bastidor del respaldo está constituido por una estructura de acero estampado vinculado a través de una rótula bilateral, adecuada para aumentar la solidez y la absorción de energía en los impactos traseros. Del mismo modo, en algunos asientos delanteros, en caso de choque frontal superior a 35 km/h, su configuración permite un aflojamiento estructural controlado para que la estructura pueda inclinarse hacia atrás absorbiendo parte de la energía sin causar lesiones a los ocupantes traseros.



1. Revestimiento bajo la columna de dirección.
2. Bordes antideslizamiento de los asientos.
3. Estructura del respaldo delantero con deformación controlada.
4. Tabique posterior del respaldo.
5. Travesaño antideslizamiento trasero.

Figura 2.70. Configuración de los asientos

En general, su estructura debe impedir que el cuerpo se deslice hacia delante y hacia abajo en una colisión, por lo que se fabrican en forma de cuña antideslizante. En el caso de asientos traseros abatibles para aumentar el espacio de carga, los puntos de sujeción de los mismos se estudian para que la carga no pueda irrumpir en el habitáculo debido a la inercia generada en el choque.

En los asientos integrales, la hebilla de anclaje del cinturón se fija a su estructura, y no sobre el suelo del habitáculo, para disminuir las lesiones provocadas por sus posibles desplazamientos en un choque. Asimismo, la polea superior de reenvío del cinturón de seguridad se encuentra integrada en la parte superior del respaldo. Un dispositivo adapta automáticamente la altura de este punto y asegura así una colocación siempre ideal del cinturón, con independencia de la altura y la constitución del ocupanrte. Esta configuración plantea mayores necesidades de rigidez y estabilidad del bastidor del asiento, del enclavamiento del respaldo y del sistema de reglaje del asiento; ya que durante las colisiones, los esfuerzos resultantes de la masa de inercia de los pasajeros actúan directamente sobre el asiento. Por esta razón, la estructura portante de la banqueta y del respaldo del asiento suele constar de elementos de aluminio o magnesio: perfiles extrusionados y piezas de chapa conformada. Asimismo, esta construcción contribuye de forma decisiva a la estabilidad transversal en caso de choque lateral.



Figura 2.71. Estructura de asiento integral con regulación motorizada

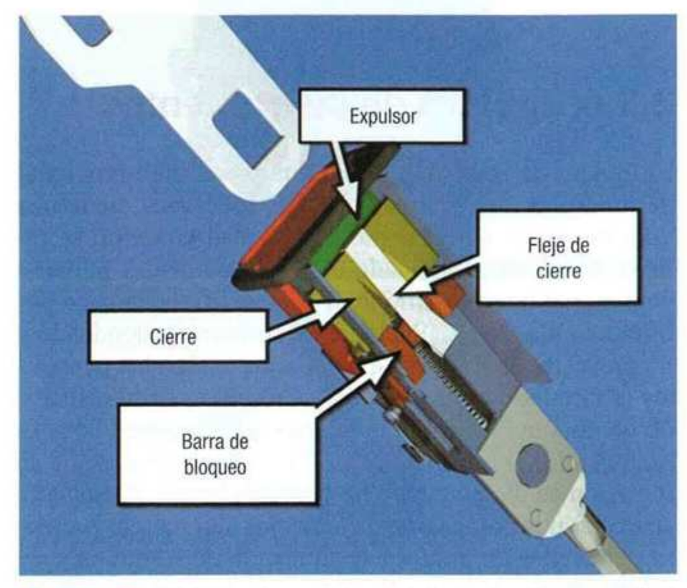
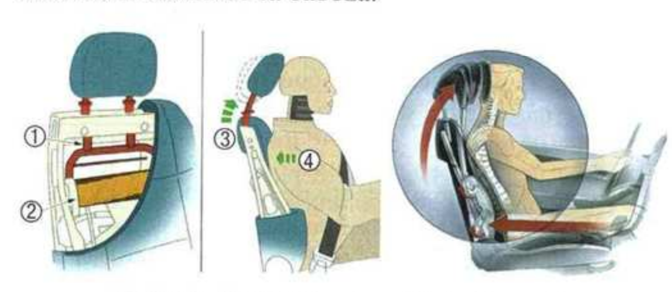


Figura 2.72. Hebilla de anclaje del cinturón de seguridad

2.3.8. Reposacabezas

Su función es la de acoger la cabeza de los pasajeros empujada hacia atrás, tanto en el caso de una dislocación del cuello debido a un choque trasero (por alcance), como en la fase de rebote que se produce a raíz de un choque frontal, protegiendo las vértebras cervicales contra la hiperextensión. Una de las evoluciones de este dispositivo lo constituyen los denominados reposacabezas "activos" que se montan en los asientos delanteros, y que funcionan de forma puramente mecánica desplazándose hacia delante cuando el vehículo recibe un impacto por detrás. Este desplazamiento lo produce una banda de tejido muy resistente que une los dos soportes del reposacabezas en el interior del respaldo. Cuando el vehículo recibe un impacto por detrás, la fuerza que se origina obliga al ocupante del asiento a empujar con la espalda contra esta banda, la cual alcanzado un punto de torsión determinado, empuja hacia arriba y hacia delante la parte superior del reposacabezas. Seguidamente, el reposacabezas retorna a su posición original debido a la acción de un mecanismo de muelle. La barra del reposacabezas suele tener una trayectoria curva; cuanto más alto está el reposacabezas, más cerca estará de la cabeza.



1. Soportes de reposacabezas en el interior del respaldo.
2. Banda de tejido resistente.
3. Dirección del movimiento del reposacabezas.
4. Movimiento del tronco en una colisión trasera.

Figura 2.73. Reposacabezas activo




Figura 2.74. Reposacabezas con apoyo variable

En el sistema Neck Pro, si los sensores de colisión detectan un choque por detrás, los reposacabezas se desplazan en fracciones de segundo hacia delante. De ese modo, el acolchado de estas piezas recoge a tiempo la cabeza de los ocupantes y disminuye el riesgo de lesiones en las vértebras cervicales.

Otras evoluciones, en lugar de mover el reposacabezas, desplazan el respaldo hacia atrás permitiendo apoyar toda la columna vertebral. También evitan que el cuerpo se catapulte hacia delante, y además, el movimiento de la parte superior del asiento crea una protección adicional para la cabeza y el cuello.

2.3.9. Otros dispositivos de seguridad pasiva

Depósito de combustible

Debe fabricarse con materiales ignífugos, y su ubicación se realiza en zonas poco expuestas al riesgo de impacto. Algunas marcas equipan sistemas de protección de incendios cuya función es la de cortar la corriente de la batería tras un accidente, eliminando además el suministro de combustible al motor.

Limpiaparabrisas

Su diseño y fijación (mejor ocultos bajo el capó) debe evitar un aumento de riesgo de producir heridas en caso de atropello.

Cableado y elementos eléctricos

Deben estar bien aislados para evitar cortocircuitos, ya que siempre existe el riesgo de incendio tras un accidente, incluso en choques de pequeña magnitud. El riesgo de sufrir un cortocircuito en cualquier punto del circuito eléctrico se encuentra presente en todos los automóviles en caso de accidente. Algunos fabricantes incorporan un sistema de seguridad que desconecta el borne positivo de la batería en caso de choque (en sólo 3 milésimas de segundo) mediante un dispositivo pirotécnico. Asimismo, para evitar el riesgo de incendio producido por el aumento de temperatura de los cables eléctricos (debido a cortocircuitos fundamentalmente), otros fabricantes incorporan unos fusibles específicos (fusibles anti-incendios) que cortan la circulación de la corriente eléctrica en cuanto detectan un incremento anormal de la temperatura.

▶ Cristales

Los cristales son un elemento muy importante en la seguridad del vehículo. Además de proteger a los ocupantes de los elementos exteriores, permitir la visibilidad y mejorar el confort térmico, proporcionan una elevada rigidez al habitáculo (sobre todo las lunas pegadas) y absorben parte de la energía en caso de colisión. Los cristales de un vehículo están compuestos de vidrio de seguridad (vidrio de silicato), que no forma astillas cortantes al romperse. Para los parabrisas se ha impuesto el uso de cristal laminado, formado por dos capas de vidrio separadas por una lámina de plástico. Su principal ventaja radica en que el cristal laminado, al romperse, se desintegra en pedazos más grandes, y permite así seguir viendo a través del cristal, además de ofrecer un alto grado de protección en caso de impacto con la cabeza, ya que la lámina retiene las partículas de cristal. Las ejecuciones como el tipo Sekuriflex perfeccionan esta técnica por medio de una lámina adicional situada en el lado que da al interior del vehículo. Por otra parte, los cristales tintados reducen el calentamiento del habitáculo a causa del sol.



Figura 2.75. Rotura de una luna parabrisas laminada

2.4 Seguridad de los peatones

Para establecer unas pautas que conlleven una serie de medidas por parte de los fabricantes tendentes a reducir las secuelas de un choque de un vehículo contra un peatón, se parte de las conclusiones y datos estadísticos que se obtienen en la realización de simulaciones de impactos y de la accidentabilidad real. Estos tests establecen las zonas del vehículo que impactan con los peatones, más concretamente con las partes del cuerpo que sufren los atropellos. Esencialmente, estas zonas son: el paragolpes, el capó, el parabrisas, e incluso los bajos.

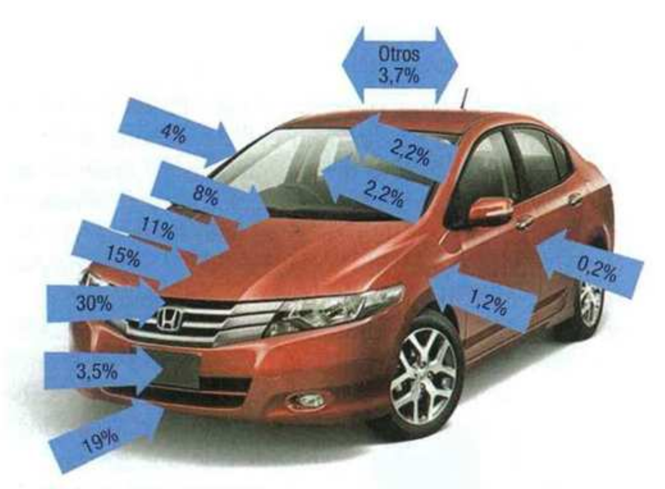
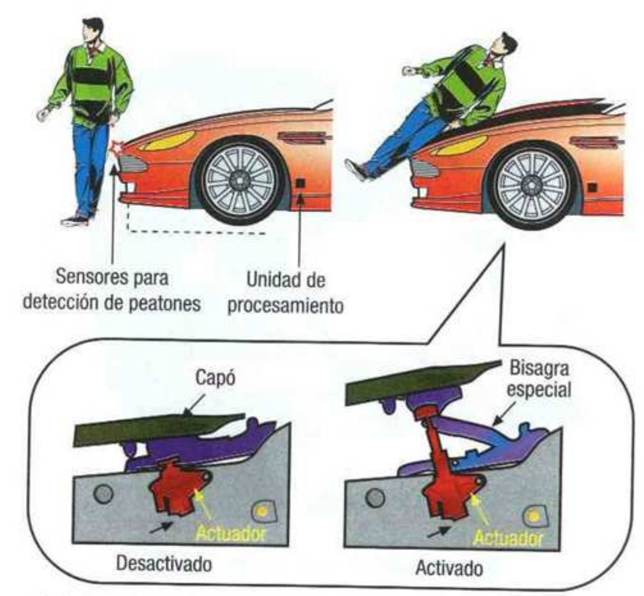


Figura 2.76. Zonas del vehículo de más frecuente impacto con los peatones

Las conclusiones más significativas sobre los resultados obtenidos en las pruebas de impacto pueden resumirse en los siguientes conceptos:

- Diseño de la carrocería. Debe optimizarse, en la manera de lo posible, con superficies lisas y redondeadas, sin ninguna arista ni vierteaguas.
- Paragolpes. Deben aumentar su altura y fabricarse en materiales muy absorbentes a los impactos, para que se deformen con mayor facilidad. Las piernas suelen ser las que más impactos reciben de esta pieza.
- Capó. Este componente de la carrocería es el que golpea normalmente la cadera de la persona atropellada. Para aliviar en lo posible las consecuencias de la colisión se recomienda un diseño del mismo desprovisto de aristas y elementos decorativos que puedan agravar los efectos del atropello. Además, el material de fabricación también debe ser fácilmente deformable y muy absorbente. La batería y el radiador han de situarse lo más separados del capó como sea posible. Además debe cubrir los ejes de rotación de los limpiaparabrisas.
- Parabrisas. Juega un papel muy importante en los impactos, dado que los peatones atropellados suelen golpearse la cabeza con él. Los limpiaparabrisas deben ir siempre ocultos. Al mismo tiempo, los retrovisores exteriores serán retráctiles, para que al impactar con ellos alivien la crudeza del impacto.
- Bajos. Se deberá suavizar su diseño, eliminando aristas y zonas punzantes o salientes para evitar que al pasar el vehículo por encima de una persona le produzca un daño mayor.



1. Los sensores detectan la presencia de un peatón.
2. Se envía una señal a los activadores pirotécnicos situados en el capó.
3. La energía absorbida reduce el impacto con la cabeza.
4. El proceso se completa en un tiempo muy rápido.

Figura 2.77. Sistema de seguridad para peatones mediante elevación del capó

- Manecillas de las puertas. En la medida de lo posible se deberá integrarlas dentro del nivel superficial del panel de la puerta, evitando que sobresalgan en demasía.

En la actualidad también hay varios sistemas que tienen como objetivo la protección de los peatones. Como ejemplo, el *SensorCar* funciona mediante un radar láser que detecta los obstáculos que se cruzan con el coche hasta 45 metros por delante de él, y avisa al conductor por medio de un display del posible peligro. En combinación con este sistema, un sensor situado en la parte trasera del vehículo previene la posibilidad de colisión por detrás, activando los pretensores de los cinturones y ajustando el asiento y el reposacabezas a los pasajeros.

2.5 Seguridad infantil

Como fruto de las experiencias de accidentología y biomecánica, las normas internacionales tratan de unificar criterios para conseguir una protección adecuada de los niños.

Actualmente el sistema ISOFIX es el nuevo estándar de seguridad que facilita y asegura las fijaciones de los asientos para niños. En el vehículo se incorporan dos puntos de anclaje rígidos situados de serie entre el respaldo y el asiento de la banqueta trasera. El asiento del niño dispone de dos cierres y un indicador de puesta en servicio que aseguran la fijación rápida y segura sin necesitar los cinturones de seguridad del vehículo.

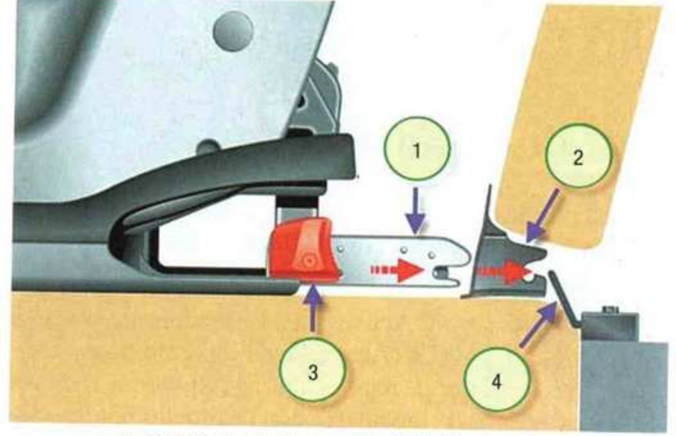


Figura 2.78. Asiento de niño con sistema de fijación ISOFIX

El asiento ISOFIX respeta la morfología de los niños y garantiza una seguridad de muy alto nivel. Puede ir de espaldas a la carretera (para los niños de hasta dos años) y cara a la carretera para los de 2 a 4 años.

En la primera posición, el cuerpo del bebé se sujeta mediante un cinturón tipo arnés de tres puntos y en la segunda posición, el asiento se sujeta mediante un sistema de sujeción utilizando el cinturón de seguridad (del propio coche) de 3 puntos.

Los dispositivos diseñados con arreglo al ISOFIX pueden adaptarse a cualquier vehículo que disponga de enganches metálicos normalizados.



1. Barra de acoplamiento.
2. Guía de cierre.
3. Botón de extracción.
4. Soporte.

Figura 2.79. Anclaje ISOFIX

A partir de la base de datos accidentológicos se ha llegado a la conclusión de que, para los niños de 2 a 4 años, la postura más adecuada es la de "espaldas a la ca-

rretera" debido a su débil conformación y a la desproporción entre su masa cerebral en relación con el resto del cuerpo. En caso de colisión, la cabeza se proyectaría violentamente hacia adelante, con resultados muy graves. Estando situado de espaldas a la carretera, en caso de colisión esta gravedad se reduce a límites aceptables. Para los de edades de 2 a 4 años, la experiencia muestra que pueden ir situados de cara a la carretera y el asiento ISOFIX respeta esta posibilidad, pudiendo instalarse de ambas maneras.

Por último, en los modelos equipados de airbag para el pasajero y de airbag lateral se debe indicar gráfica y claramente la contraindicación rigurosa de ubicar en los asientos delanteros dispositivos para el traslado de niños de corta edad.



Figura 2.80. **Ubicación no aconsejable de la silla**

2.6 Denominaciones de dispositivos de seguridad pasiva

Algunas de las denominaciones usuales con las que los fabricantes designan sus dispositivos o sistemas a nivel de seguridad pasiva son:

- **SAHR** (Saab Active Head Restraint), **WHIPS** (Volvo) y **AHR** (Active Head Restraínt) son sistemas similares de reposacabezas activos que reducen los riesgos de hiperextensión del cuello por los "latigazos" que se producen en los impactos frontales.
- **DSF** (Ford). Este sistema aporta rigidez al habitáculo.
- **EAS** (Fiat). Hace referencia a un sistema de dirección dotado de elementos deformables que impiden su penetración hacia el interior del habitáculo.



Figura 2.81. **Dispositivo SAHR**

- **EAB.** Parachoques absorbentes de energía. Este sistema es capaz de resistir, sin sufrir daños significativos, impactos de estacionamiento leves a velocidades no superiores a 4 km/h. La superficie de plástico del parachoques es capaz de restaurarse tras sufrir impactos puntuales, de modo que normalmente no requiere reparación. Por este motivo también se les denomina "parachoques autorregenerables".
- **FPS** (Fire Protection System) (Fiat). Es un sistema de seguridad contraincendios cuya finalidad se consigue mediante la adopción de los siguientes dispositivos o mejoras:
  - Interiores ignífugos, todos los revestimientos tienen que cumplir las normas sobre inflamabilidad, de hecho no deben arder en caso de contacto ocasional con fuentes de calor (por ejemplo, un cigarrillo) y deben limitar la velocidad de propagación de la llama.
  - Interruptor de inercia para el bloqueo de la bomba de combustible (**IFS,** Inerttia Fuel Shutoff), que interrumpe la alimentación de la bomba de combustible y del sistema de encendido en caso de colisión.
  - Protecciones antimisfiring (recalentamiento excesivo del catalizador en las versiones de gasolina) que aíslan el catalizador y protegen los tubos de los frenos y del combustible.
  - Instalación eléctrica protegida por maxifusibles, que garantizan la interrupción de la alimentación en caso de cortocircuito o de la tem-



Figura 2.82. Interruptor inercial de bloqueo de la bomba de combustible

peratura excesiva que podría crearse en caso de incendio.

- Sujeción de la batería en caso de choque o vuelco.
- Válvula antirreflujo que elimina pérdidas de combustible en caso de vuelco del vehículo.
- Depósito de combustible de material plástico de alta resistencia mecánica y al fuego, unido sólidamente a la carrocería en posición protegida. Dada la importancia de esta pieza suele someterse a test con temperaturas muy altas y muy bajas (del orden de 40° bajo cero). Asimismo, la integridad del depósito se comprueba con incendios provocados bajo el mismo.



Figura 2.83. Comprobación de la integridad del depósito de combustible mediante un incendio provocado bajo el vehículo

- Disposición de la instalación eléctrica, de los tubos de combustible y de los frenos, diseñada para reducir al mínimo el riesgo de incendio en caso de accidente o avería.

- **NVH** (Noise Vibration and Harshness). Sistema de reducción de ruidos, vibraciones y asperezas.
- **PATS** (Passive Anti-Theft System). Inmovilizador electrónico del vehículo.
- **PRS** (Pedal Release System) (Opel). Este sistema retrae los pedales del vehículo en caso de impacto para evitar lesiones en los miembros inferiores.
- **SRS** (Suplementary Restraint System). Sistema antiimpacto suplementario, más conocido como airbag.
- **WINDOW-BAG** (Mercedes). Este dispositivo consiste en un airbag para la protección de la cabeza. Sistemas similares son: **IC** (Inflatable Courtain) (Volvo), **ITC** (Inflatable Tubular Structure) (BMW).
- **SIPS** (Side Impact Protection System) (Volvo). Es un sistema de protección de impactos laterales basado en la idea de reconducir la energía del impacto hacia el techo y el suelo. Para ello la colum-

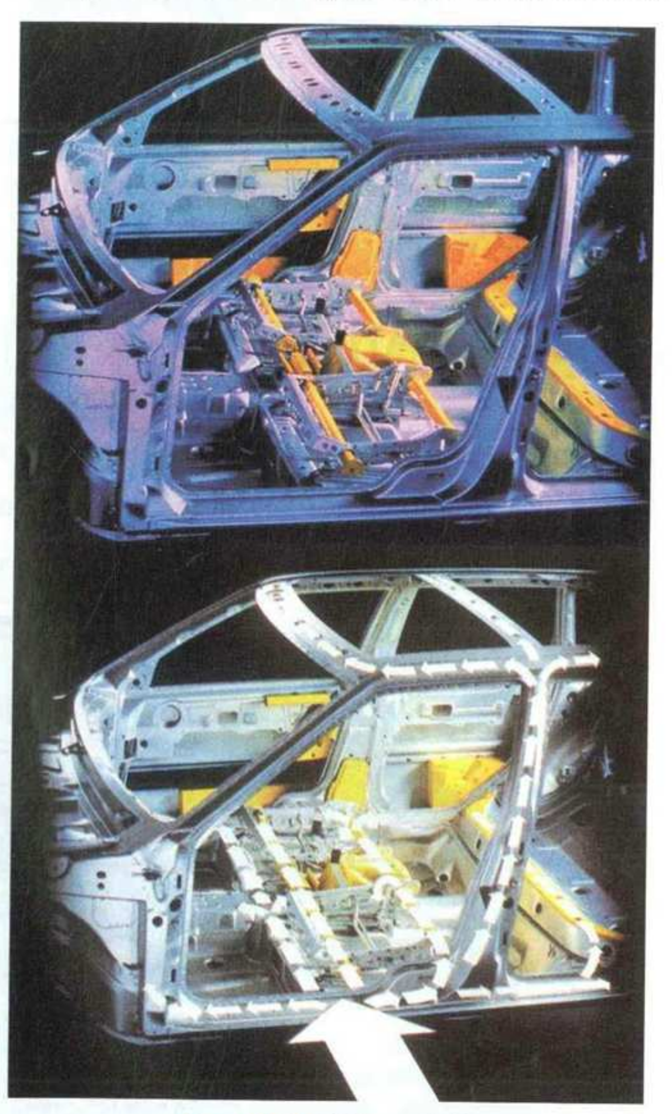
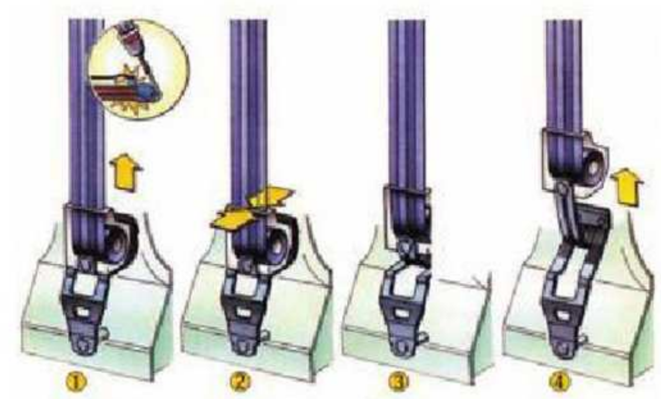


Figura 2.84. Sistema SIPS

na B adopta un diseño específico más rígido para que ceda menos en caso de choque. Las puertas y suelo también se refuerzan para conseguir aumentar el poder de conducción y absorción de energía. El sistema se completa mediante un airbag lateral instalado en los asientos.

- **SSP** (Sistema de Sujeción Programado). Este sistema es empleado por Renault en sus cinturones de seguridad, reduciendo entre un 30 y un 50% las lesiones del tórax, cabeza y cuello en colisiones frontales. El SSP tiene la función de disminuir la violencia de la retención contra el cinturón de seguridad cuando éste ha llegado a su límite de extensión, para ello controla la tensión del cinturón en la segunda fase del choque con el fin de reducir su presión sobre el tórax del ocupante del asiento. El limitador de esfuerzo, que completa el dispositivo pretensor/bobinador/bloqueador, es una pieza de acero fija sobre el pilar central del vehículo y está constituido por pistas desgarrables. La pieza se desgarra progresivamente 70 milisegundos después del inicio del choque, cuando son máximas la deceleración y la tensión del cinturón. Esa deformación programada de la pieza metálica provoca el desplazamiento del bobinador-bloqueador sobre un eje vertical y modera la presión sobre la parte superior del cuerpo. Con el SSP, las acciones sucesivas del sistema se encadenan en 110 milisegundos durante un ensayo de choque a 56 km/h.



1. Impacto y disparo del pretensor pirotécnico.
2. Tensado del cinturón.
3. Desgarro progresivo del limitador de esfuerzo, que sitúa la tensión del cinturón a un nivel aceptable para el organismo, asegurando al mismo tiempo una protección óptima.
4. Extensión máxima del limitador.

Figura 2.85. **Secuencia de funcionamiento de un sistema SSP**

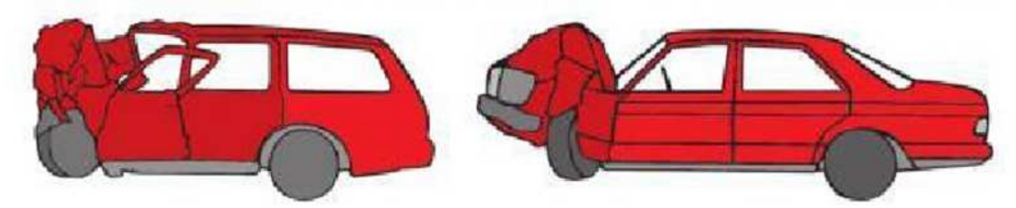


Autoevaluación

1. Diferencia brevemente los conceptos de seguridad: activa, pasiva y preventiva.
2. Enumera los aspectos más importantes que contempla el plan de seguridad pasiva de un automóvil.
3. Identifica los elementos y conjuntos de seguridad pasiva de la siguiente figura.

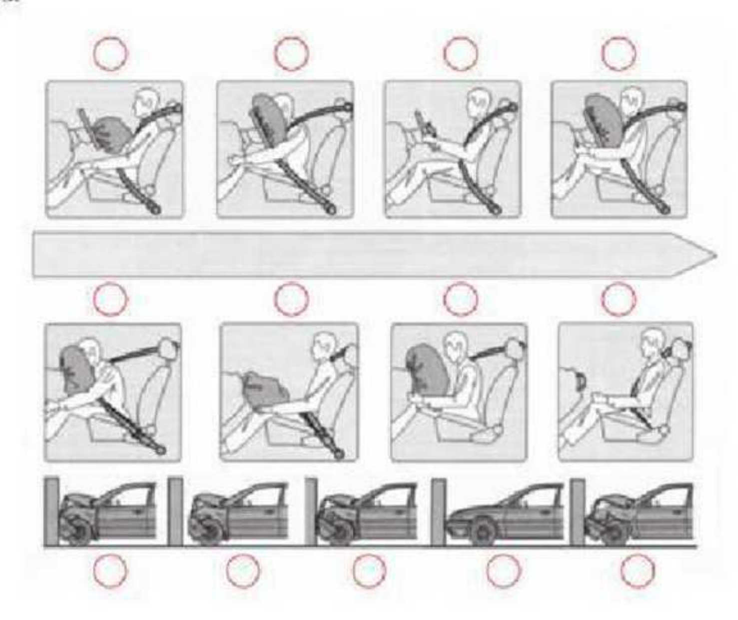


4. En qué consiste el concepto de "deformación programada". Utiliza como apoyo la siguiente figura.



5. Resume las soluciones más importantes que suelen utilizar los fabricantes para reforzar la estructura lateral del vehículo.

6. Utilizando la siguiente figura, ordena el desarrollo secuencial del impacto y el despliegue de los dispositivos de retención representados.



7. Identifica los elementos fusibles de la siguiente figura.



8. En materia de seguridad pasiva, ¿qué diferencias existen entre las estructuras de un vehículo descapotable y uno no descapotable?

9. Conceptualmente, ¿en qué se diferencian los cinturones de seguridad clásicos de los cinturones con pretensor?

10. ¿Qué medidas pueden incorporar los vehículos para disminuir los efectos de los atropellos a peatones?



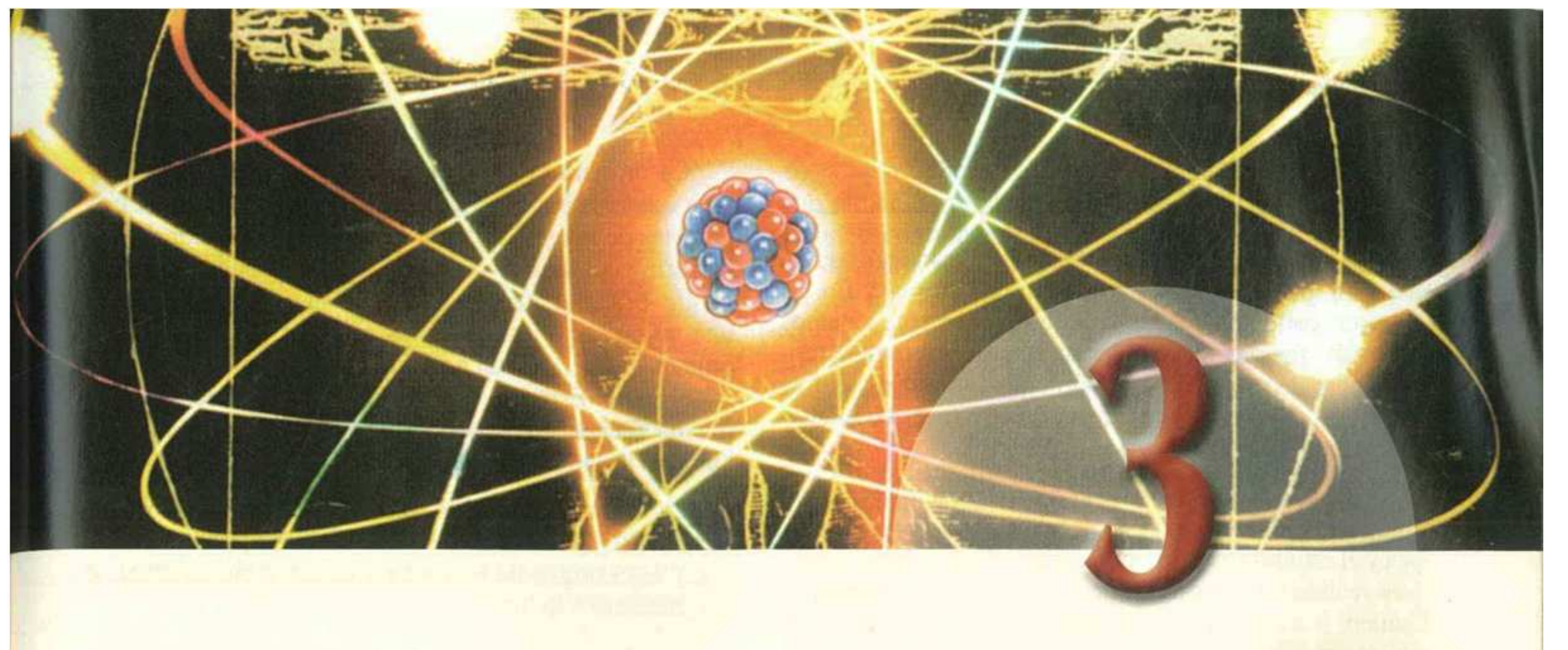
Actividades propuestas

1. Tomando como ejemplo un vehículo siniestrado, observa el comportamiento de los elementos o zonas con deformación preestablecida, determinando el alcance de la deformación sufrida.

2. Analiza la célula de pasajeros del vehículo anterior verificando la integridad de la misma para evaluar el comportamiento de los elementos mencionados en el punto anterior.

3. Observa el interior del habitáculo de un vehículo cualquiera y confecciona una relación de las medidas utilizadas por el fabricante para aumentar la seguridad pasiva del mismo.

4. Utilizando la documentación técnica adecuada, localiza los componentes de los sistemas de airbag y pretensores de un vehículo equipado con los mismos. Consulta, asimismo, las precauciones para su desmontaje y manipulación.



Análisis de sistema de fuerzas

Contenido

Objetivos

- Repasar los conceptos de fuerza, movimiento e inercia.
- Comprender los principios de acción y reacción.
- Descomponer y calcular fuerzas vectoriales.

Introducción

Para levantar un objeto es necesario aplicar una fuerza, que será mayor o menor en función de su peso. En las acciones cotidianas de cada día continuamente estamos aplicando fuerzas que producen efectos diferentes: movimientos de traslación, movimientos giratorios, deformaciones, contrarrestar el efecto de otra fuerza o mantener en equilibrio el objeto.

Fue Isaac Newton (1642-1727) quien, a través de sus tres leyes fundamentales, estableció las bases de la actual física y el estudio de las fuerzas. Anteriormente, otros científicos realizaron diversas investigaciones, como Copérnico, Galileo, o Kepler, pero aun mucho antes los egipcios ya construían pirámides, en las que tenían que compensar todas las fuerzas presentes en la construcción para que no se derrumbaran (de hecho podemos afirmar que lo consiguieron, pues 4.000 años después muchas siguen en pie).

Pero no todas las fuerzas son efectuadas por el hombre, en la naturaleza existen determinadas fuerzas cuyos efectos eran atribuidos en la antigüedad a los deseos de los dioses. La física moderna ha demostrado que la mayoría de los fenómenos están provocados por cuatro fuerzas fundamentales (Figura 3.1):

- La fuerza de la gravitación.
- La fuerza electromagnética.
- La fuerza de la interrelación débil.
- La fuerza nuclear.

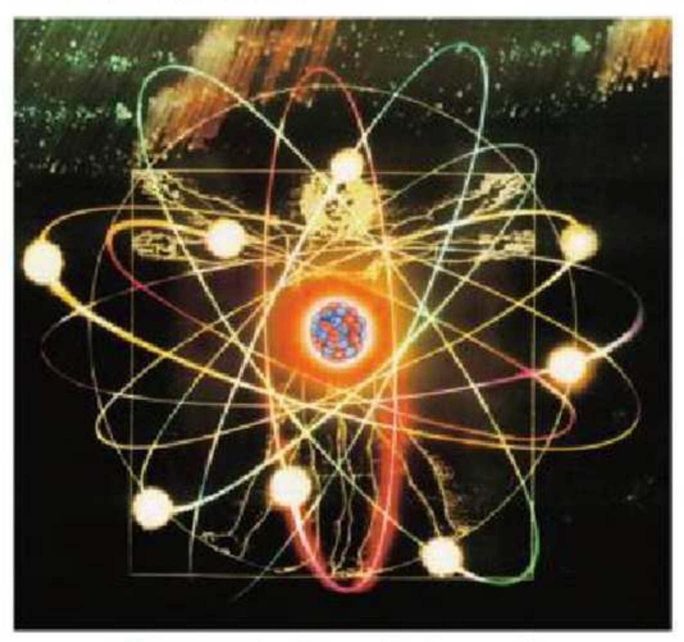


Figura 3.1. Las fuerzas fundamentales

La primera de ellas es la fuerza universal de atracción que existe entre todas las partículas con masa. Los planetas de nuestro sistema solar giran alrededor del sol de forma continua y ordenada, manteniendo siempre la misma órbita, y nuestra galaxia en su conjunto mantiene una unión con el resto de las galaxias. En cambio, los objetos que se acercan a nuestro planeta son atraídos hacia el suelo. Estos dos fenómenos son causados por una misma fuerza, cuyo alcance en principio es ilimitado, "**la gravitación**".

La segunda fuerza del universo es la "**electromagnética**". Al igual que la gravitación, se ejerce a distancia, y es el origen de fenómenos como la electricidad, el magnetismo y la luz.

La tercera fuerza tiene su origen en el núcleo de los átomos (los protones y neutrones). En condiciones normales, los protones y neutrones son estables, pero mediante determinadas reacciones con ciertos elementos los protones se convierten en neutrones y viceversa (los neutrones en protones), produciendo radioactividad beta (β). A la fuerza que provoca esta transformación se le denomina "**interrelacción débil**" y es la fuerza menos conocida hasta la fecha.

La última de las fuerzas es la "**nuclear**", que también se origina en el núcleo de los átomos y se basa en la unión que entre sí tienen los protones y neutrones; tanto al separar estos elementos (fisión), como al unirlos (**fusión**), se desprende una cantidad de energía que es aprovechada para diferentes usos. La más utilizada hasta la fecha es la fisión, base de las centrales nucleares, aunque por los riesgos de radioactividad que produce son ya muchos los países que están optando por potenciar otras energías alternativas. La fusión, de momento, sólo se utiliza en los laboratorios, aunque con resultados muy esperanzadores, ya que produce mucha más energía y mucha menos contaminación. De igual forma se está experimentando con la **fusión fría**, utilizando muones (partículas elementales cargadas positivamente o negativamente, cuya masa es 208 veces la del lectrón) para catalizar las reacciones y acelerar los procesos de unión.

En este tema se abordan básicamente los conceptos de análisis de los sistemas de fuerzas, donde se recuerdan algunos de los conocimientos adquiridos en cursos anteriores, como son la resolución de problemas de fuerzas mediante vectores, además de componer y descomponer distintos sistemas de fuerzas. Estos conocimientos son básicos, como ya se observará en los próximos temas, para el análisis adecuado de las deformaciones que se producen en los choques de los vehículos y para el correcto estiraje de la carrocería con los útiles apropiados.

3.1 Fuerzas

Un vehículo necesita la fuerza del motor para que inicie el movimiento o aumente su velocidad, de igual forma, para detener el vehículo, el conductor aplica una fuerza a los frenos que transforma la energía que había adquirido el vehículo en calor, hasta conseguir deternerlo.

Del ejemplo expuesto podemos deducir que fuerza es toda acción que modifica el estado de reposo o movimiento de un objeto.

También existen fuerzas que no producen movimiento o aceleración alguno sobre el cuerpo en que actúa, por ejemplo, cuando se golpea fuertemente una chapa fina con un martillo, la chapa no se mueve pero se produce una deformación. Lo mismo ocurriría si el vehículo del ejemplo, una vez iniciado su desplazamiento, chocara contra un muro, de seguro que éste no se desplazaría, en cambio nuestro vehículo quedaría deformado en proporción a la velocidad que hubiese alcanzado al chocar con él (Figura 3.2).

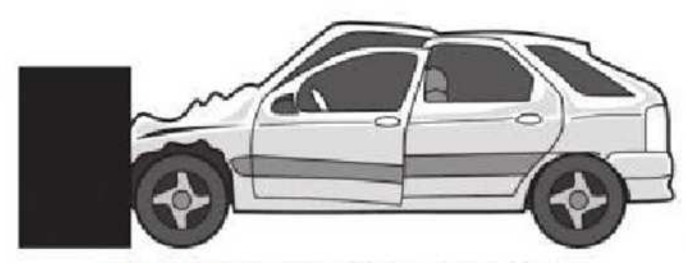


Figura 3.2. **Deformación en una colisión**

De este nuevo ejemplo se deduce que tenemos que ampliar la definición expuesta anteriormente sobre fuerza, quedando de la siguiente forma:

Fuerza es toda acción o causa que modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, o que produce una deformación.

Hasta ahora, en el concepto de fuerza del que hemos partido, hemos supuesto que la fuerza aplicada y el cuerpo están en contacto (el motor sobre el vehículo, el martillo sobre la chapa, el vehículo sobre el muro), este tipo de fuerza se le denomina por contacto directo. Existen, no obstante, fuerzas que actúan a distancia, es decir, sin estar en contacto con el objeto, como las que ejerce un imán a través de su fuerza magnética sobre unos clavos, o la fuerza de atracción o repulsión entre las moléculas de un cuerpo, que provocan que los cuerpos se presenten en estado sólido, líquido o gaseoso.

En los cuerpos sólidos, sus moléculas están muy unidas entre sí, gracias a la fuerza con la que se atraen (cohesión), este hecho hace que sus moléculas tengan poco movimiento y por tanto los sólidos tengan una forma y tamaño constante; en cambio, en los cuerpos líquidos, su cohesión molecular es más pequeña y las moléculas tienen más movimientos, siendo su forma variable gracias a esta libertad de desplazamiento, pero su volumen sigue siendo constante, por ejemplo, cinco litros de agua ocupan el mismo volumen en un recipiente redondo que en uno cuadrado, pero su forma cambia completamente.

Por último, los gases tienen una cohesión molecular nula, dando total libertad de movimientos a sus moléculas, produciendo un estado en donde varía constantemente su volumen y forma.

En los casos anteriores todo sucede gracias a la fuerza de atracción entre las moléculas que nunca tienen un contacto directo entre sí.

La magnitud de la fuerza se determina con unos aparatos llamados dinamómetros, que pueden adoptar distintas formas, pero básicamente en todos se basan en la propiedad que tienen los aceros en flexionarse o distenderse cuando se les aplica una fuerza y volver a su luz forma original cuando ésta deja de actuar. Entre los dinamómetros más usados se encuentran los denominados Leroy, Pesón (Figura 3.3) y Regnier (Figura 3.4).



Figura 3.4. **Dinamómetro Regnier**

Figura 3.3. **Dinamómetro Pesón**

La unidad en la que se mide la fuerza en el sistema internacional es el Newton (N), que se define como la fuerza que, aplicada a un objeto de un kilogramo de masa, le produce una aceleración de un metro por cada segundo.

En la física aplicada se utiliza como unidad de esfuerzo el kg-fuerza, que se denomina kilopondio (kp) y se define como la fuerza con que la Tierra atrae un kilogramo de masa situado a 45 grados de latitud norte y al nivel del mar.

$$1 \text{ kp} = 1000 \text{ p (pondios)}$$

$$\mathbf{1\ kp = 9{,}81\ N}$$

Para medir el esfuerzo que se realiza sobre una superficie o área se utiliza como unidad el kg-fuerza por centímetro cuadrado kg f/cm^2.

3.2 Relación entre las fuerzas y los movimientos

Como se vio en el apartado anterior, para alterar el estado de reposo, movimiento o deformación de un objeto, éste tiene que estar sometido a una determinada acción, a la que hemos denominado fuerza, a mayor fuerza aplicada al objeto, mayor movimiento alcanzará o mayor deformación se producirá; por tanto, es evidente que existe una estrecha relación entre la fuerza aplicada y el movimiento o la deformación producida.

Los principios en los que se basa esta relación se recogen en las tres leyes de Newton:

- Principio de inercia.
- Principio de la aceleración.
- Principios de acción y reacción.

3.2.1. Principio de inercia

Todo cuerpo seguirá en su estado de reposo o de movimiento si las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo se equilibran mutuamente, o bien si no existe ninguna fuerza aplicada sobre él.

Si se conduce un vehículo y se frena bruscamente, el cuerpo del ocupante se desplaza hacia adelante; esto es debido a que el cuerpo llevaba el mismo movimiento que el vehículo, pero al frenar, el vehículo se detiene, y nuestro cuerpo tiene tendencia a mantener el movimiento que llevaba hasta ese momento, desplazándonos hacia delante (Figura 3.5).

En cambio, si el vehículo acelera bruscamente, nuestro cuerpo tiene tendencia a ir hacia atrás; en este caso, nuestro cuerpo está en reposo, el vehículo inicia un movimiento rápido hacia adelante, como la tendencia de nuestro cuerpo es la de mantenerse en reposo, y no seguir el movimiento del vehículo, se desplaza hacia atrás.



Figura 3.5. Principio de inercia

Esta tendencia de la materia a conservar su estado de movimiento o reposo se denomina **inercia**.

Este efecto es uno de los factores más estudiados en el diseño de la carrocería, ya que en caso de colisión de un vehículo que circule a 48 kilómetros por hora contra un muro, los pasajeros soportan una desaceleración, que puede llegar a ser diez veces mayor que la fuerza de aceleración de un cohete espacial al despegar, de ahí la importancia de estudiar carrocerías que se puedan deformar progresivamente y de forma controlada (tal y como se describe en el tema anterior) para transmitir la menor energía posible a los pasajeros. Los cinturones de seguridad también tienen una función importante para equilibrar la fuerza de inercia que se produce en los pasajeros.

3.2.2. Principio de la aceleración

La aceleración que experimenta un cuerpo es proporcional a la fuerza que la produce.

Este principio determina que a mayor fuerza ejercida es también mayor la aceleración que obtiene el cuerpo. Se puede observar esta afirmación utilizando como ejemplo una pequeña plataforma cargada con un peso, que se desplaza por la fuerza que sobre ella ejerce un determinado peso que tira de la plataforma en su caída (Figura 3.6). La plataforma adquiere una determinada aceleración, recorriendo un espacio en un determinado tiempo. Si repetimos esta experiencia duplicando el peso que tira de la plataforma se observa que recorre el doble de espacio en el mismo período de tiempo, demostrando por lo tanto que la aceleración también se ha duplicado. Es decir, que la aceleración que adquiere la plataforma

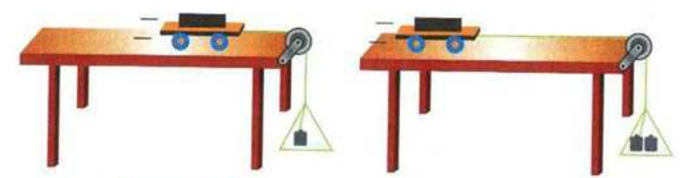


Figura 3.6. Aceleración experimental

es siempre directamente proporcional a la fuerza aplicada. Si se divide la fuerza aplicada entre la aceleración que adquiere la plataforma se comprobará que siempre se obtiene una cantidad constante

$$F_1/a_1 = F_2/a_2 = K$$

siendo K la relación constante obtenida al dividir la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que se produce, denominándose masa inerte del cuerpo, designada con la letra "m".

Repitiendo la experiencia anterior de la plataforma, pero aumentando en esta ocasión la masa, se observa que las aceleraciones son distintas, pero que siempre se mantiene la proporcionalidad entre ambas magnitudes.

De acuerdo con esto

$$F/a = m \text{ donde } F = m \times a$$

Expresión que constituye la ecuación fundamental de la dinámica.

3.2.3. Principios de acción y reacción

Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza (acción) sobre otro cuerpo, éste reacciona con otra fuerza (reacción) igual en magnitud y dirección a la primera, pero de sentido opuesto.

De este principio se deduce que las fuerzas actúan por parejas, así por ejemplo si un patinador intenta empujar una pared con los patines puestos, éste se desplazará hacia atrás, ya que al realizar el esfuerzo contra la pared está realizando el mismo esfuerzo sobre sí mismo, sólo que en sentido contrario, y como el rozamiento con el suelo es mínimo, gracias a las ruedas de los patines, se produce su desplazamiento hacia atrás. Igualmente podemos observar este principio en el desplazamiento de los aviones a reacción, los gases que salen de las turbinas hacia atrás son la fuerza de acción, la fuerza de reacción que se produce impulsa hacia adelante al avión.

También se puede observar este principio cuando un vehículo colisiona contra un muro, la fuerza que el vehículo aplica contra el muro produce en primer lugar una fuerza de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario, absorbiendo parte de la magnitud de esta fuerza la deformación de la carrocería. El resto de la fuerza aplicada produce un desplazamiento del vehículo en sentido contrario (Figura 3.7).

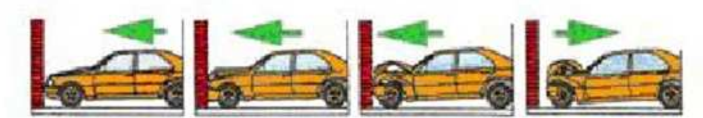


Figura 3.7. Principio de acción reacción

3.3 Carácter vectorial de la fuerza

Cuando se dispara una flecha con un arco no sólo importa la fuerza con que se lanza, también interesa apuntar correctamente para dar en el blanco, es decir, tiene que ir en la dirección y el sentido adecuado. Otro ejemplo para demostrar que los efectos de la fuerza aplicada no dependen sólo de su intensidad se puede observar en el juego del billar, donde para que la bola realice el desplazamiento deseado es necesario aplicarle el impulso en la dirección, el sentido y en el punto de la bola adecuado.

De las experiencias anteriores podemos afirmar que una fuerza está compuesta por (Figura 3.8):

- **Intensidad o módulo:** es el valor numérico de la fuerza.
- **Punto de aplicación:** es el punto donde se aplica la fuerza.
- **Dirección:** es la línea recta en la que se ejerce la fuerza.
- **Sentido:** es el lado hacia el que se dirige la fuerza, en toda línea recta cabe dos sentidos, uno hacia cada extremo de la línea.

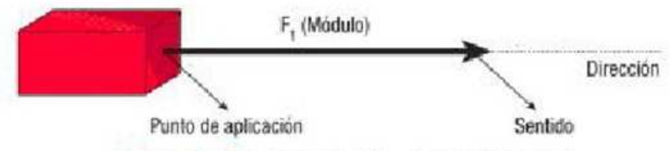


Figura 3.8. Composición de una fuerza

Definidos los elementos de una fuerza, se deduce que ésta admite la misma representación que los vectores, es decir, se puede representar como un segmento rectilíneo orientado, donde la flecha de la línea indica el sentido, y la longitud indica el módulo o intensidad, siendo el origen el punto de partida del segmento, que es el punto de aplicación de la fuerza.

3.4 Sistemas de fuerzas

Se denomina sistemas de fuerzas al conjunto de fuerzas que actúan simultáneamente sobre un cuerpo. Generalmente

se genera una fuerza única que produce el mismo efecto que el conjunto de las fuerzas, a esta fuerza se le denomina resultante del sistema. Por el contrario, partiendo de la fuerza resultante puede descomponerse y hallar otras que, actuando a la vez, produzcan el mismo efecto.

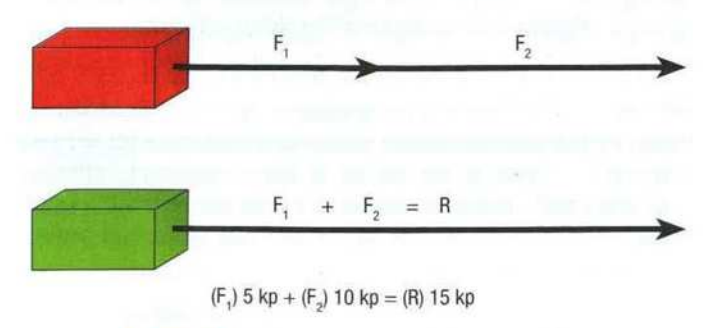
Cuando actúan varias fuerzas sobre el mismo cuerpo producen un efecto distinto, en función de su intensidad, dirección, sentido y el punto de aplicación, pudiendo presentarse distintos casos como:

- Fuerzas en la misma dirección.
- Fuerzas angulares.
- Fuerzas con direcciones paralelas.

3.5 Fuerzas en la misma dirección

Este sistema de fuerza a su vez se puede presentar de dos formas:

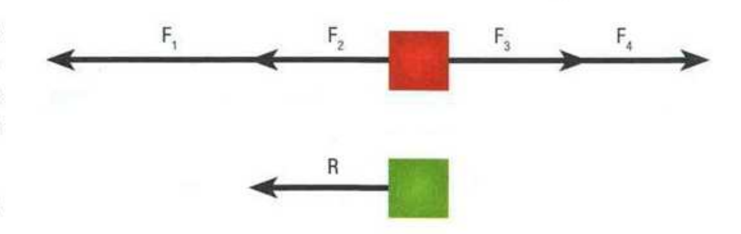
- **Fuerzas con el mismo sentido:** por ejemplo cuando varias personas tiran a la vez de una misma cuerda para arrastrar un objeto (Figura 3.9). En este caso la fuerza resultante (R) es igual a la suma de las intensidades de las distintas fuerzas aplicadas y tendrá la misma dirección y sentido que éstas.
- **Fuerzas de sentido contrario:** por ejemplo cuando dos grupos de personas tiran a la vez de una cuerda pero en sentido contrario unos de otros. Ahora la fuerza resultante es la diferencia de las intensidades de las fuerzas aplicadas y llevará el sentido de la mayor.



(F_1) 5 kp + (F_2) 10 kp = (R) 15 kp

Figura 3.9. Fuerzas en el mismo sentido

En el caso de que las intensidades de las fuerzas aplicadas en los dos grupos sean iguales, la resultante será nula (Figura 3.10).

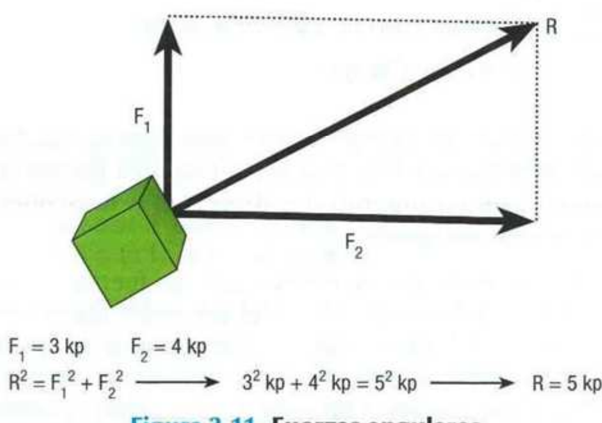


(F_1) 10 kp + (F_2) 5 kp - (F_3) 5 kp - (F_4) 5 kp = (R) 5 kp

Figura 3.10. Fuerzas en sentido contrario

3.6 Fuerzas angulares

Son dos fuerzas que actúan sobre el mismo punto de un objeto formando ángulo. Su resultante coincide en dirección y sentido con la diagonal del paralelogramo que se obtiene al trazar en el extremo de cada fuerza unas líneas paralelas idénticas vectorialmente a las fuerzas que componen el sistema (Figura 3.11). En el caso de que las fuerzas fuesen perpendiculares entre sí, su intensidad o módulo se obtiene de aplicar el teorema de Pitágoras.



$F_1 = 3$ kp $F_2 = 4$ kp

$R^2 = F_1^2 + F_2^2 \longrightarrow 3^2$ kp $+ 4^2$ kp $= 5^2$ kp $\longrightarrow R = 5$ kp

Figura 3.11. Fuerzas angulares

También se puede resolver vectorialmente la suma de las fuerzas colocando una fuerza a continuación de la otra, respetando sus respectivas direcciones y uniendo el origen de la primera fuerza con el final de la última (Figura 3.12).

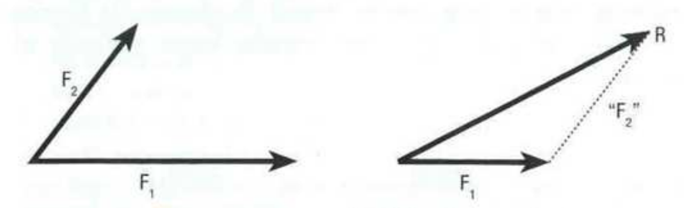


Figura 3.12. Resolución vectorial

Este sistema se denomina "método del polígono" y es también válido para resolver sistemas de fuerzas donde se aplican varias fuerzas de forma simultánea (Figura 3.13).

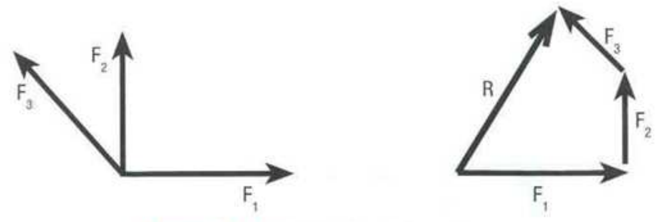


Figura 3.13. **Método del polígono**

En las reparaciones estructurales de las carrocerías es necesario aplicar estos conocimientos para corregir adecuadamente estas deformaciones (Figuras 3.14 y 3.15).

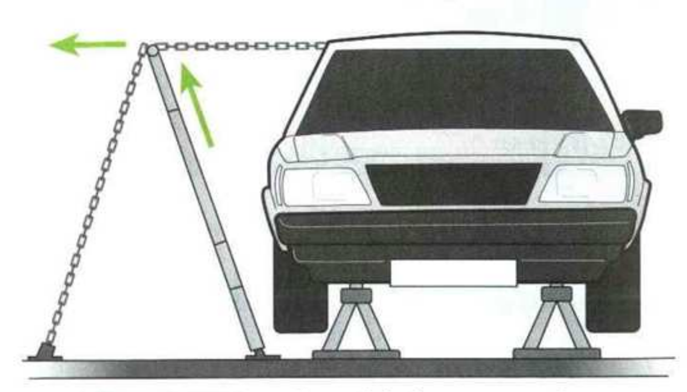


Figura 3.14. **Ejemplo real de fuerzas angulares**

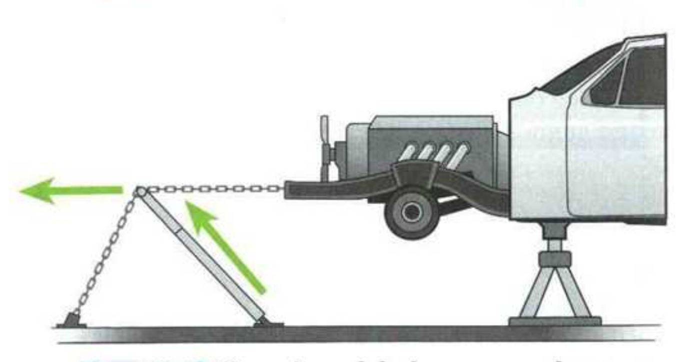


Figura 3.15. **Ejemplo real de fuerzas angulares**

3.7 Fuerzas con direcciones paralelas

Los ejemplos explicados hasta ahora son de fuerzas aplicadas en un punto en concreto del cuerpo, pero pudiera ser que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo lo realicen de forma paralela pero en distintos puntos de aplicación, pudiéndose presentar dos casos:

- Fuerzas paralelas en el mismo sentido.
- Fuerzas paralelas de sentido contrario.

3.7.1. Fuerzas paralelas en el mismo sentido

Si tenemos una barra metálica suspendida en su parte central por un dinamómetro (Figura 3.16), y se le aplican dos fuerzas paralelas equidistantes en el mismo sentido y de intensidades iguales se observa que la barra está en equilibrio y que el dinamómetro marca la suma de las dos fuerzas aplicadas, verificándose que el producto de la fuerza aplicada "F_1" por la distancia AC es igual al producto de la otra fuerza por su distancia.

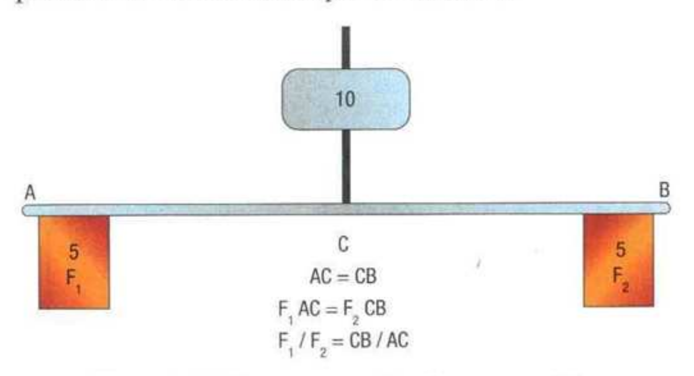


Figura 3.16. **Fuerzas con direciones paralelas**

Pero si las intensidades de las fuerzas no son iguales, para conseguir el equilibrio es necesario que el punto de aplicación de la resultante se encuentre a una distancia tal que se cumpla la ecuación anterior:

$$F_1 / F_2 = CB / AC$$

La resolución vectorial de este tipo de fuerzas se realiza (Figura 3.17) prolongando la fuerza vector $\mathbf{F}_2$ en $\mathbf{F}_1$ pero en el sentido contrario y a la vez prolongando la fuerza vector $\mathbf{F}_2$ hasta que tenga la misma longitud que $\mathbf{F}_1$. Uniendo el extremo de las dos prolongaciones obtendremos una intersección con la barra donde actúan las fuerzas, esa intersección determina el punto de aplicación de la resultante, que será la suma de las dos fuerzas y en el mismo sentido que éstas.

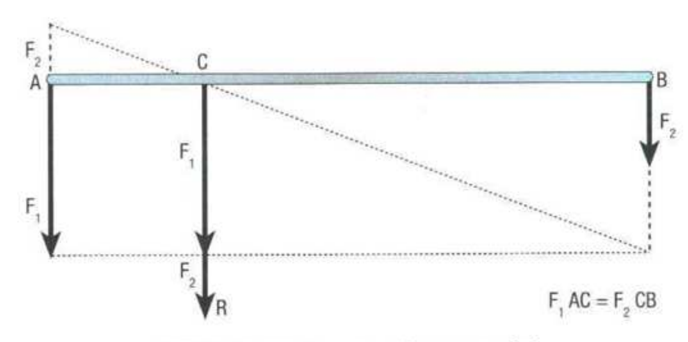


Figura 3.17. **Resolución vectorial**

3.7.2. Fuerzas paralelas de sentido contrario

Son fuerzas que, actuando de forma paralela, tienen sentido contrario una respecto a la otra, su resultante será una fuerza cuyo módulo será la diferencia de las dos, su sentido el de la mayor y el punto de aplicación estará en un punto exterior al segmento que une las dos fuerzas AB, cumpliéndose la siguiente ecuación (Figura 3.18):

$$F_1\ AC = F_2\ CB$$

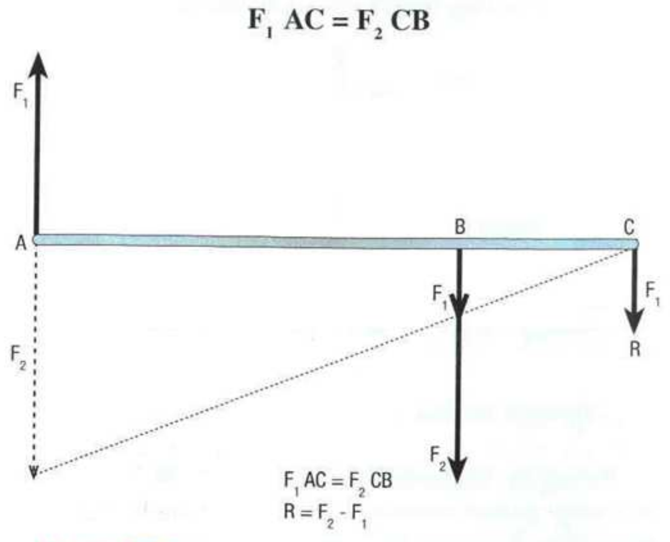
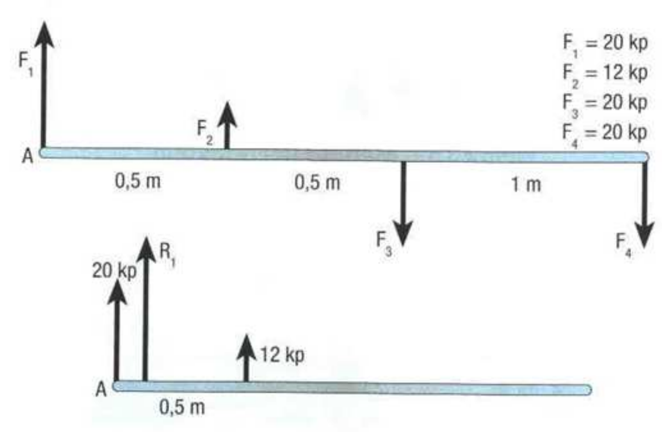


Figura 3.18. Fuerzas paralelas de sentido contrario

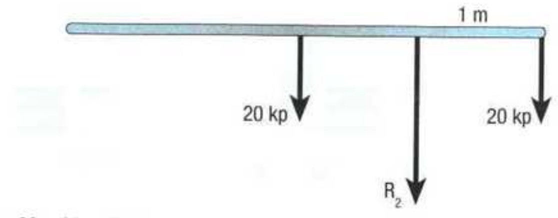
La resolución vectorial de este tipo de fuerzas se realiza prolongando la fuerza vector $\mathbf{F}_2$ en $\mathbf{F}_1$ pero en el sentido contrario y a la vez superponer en el mismo sentido el vector $\mathbf{F}_1$ sobre $\mathbf{F}_2$. La recta que une la prolongación de F_1 con el extremo de la superposición de $\mathbf{F}_1$ sobre $\mathbf{F}_2$ cortará la prolongación de la recta de aplicación, obteniéndose el punto de aplicación de la resultante.

Cuando existen más de dos fuerzas paralelas se determina primero la resultante de dos de ellas, tal y como se desarrolla en el ejemplo anterior, luego se compone ésta con la tercera, y así sucesivamente hasta hallar la resultante final (Figura 3.19).



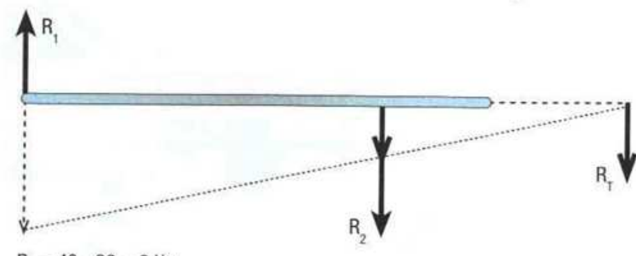
$R_1 = 20 + 12 = 32$ Kp

$20 \times d_1 = 12\,(0{,}5 - d_1) \rightarrow 20\,d_1 = 6 - 12\,d_1 \rightarrow 32\,d_1 = 6 \rightarrow d_1 = 32/6 = 0{,}1875$ m



$R_2 = 20 + 20 = 40$ Kp

$20 \times d_2 = 20\,(1 - d_2) \rightarrow 20\,d_2 = 20 - 20\,d_2 \rightarrow 40\,d_2 = 20 \rightarrow d_2 = 0{,}5$ m



$R_T = 40 - 32 = 8$ Kp

$32\,(1{,}875 + 0{,}5 + 0{,}5 + d_3) = 40 \times d_3 \rightarrow 38 + 32\,d_3 = 40\,d_3 \rightarrow 38 = 8\,d_3$

$d_3 = 38/8 = 4{,}75$ m. $\rightarrow d_T = 0{,}1875 + 0{,}5 + 0{,}5 + 4{,}75 = 5{,}9375$ m.

Figura 3.19. Ejemplo resolución fuerzas paralelas de sentido contrario

En la práctica es frecuente tener que realizar varios tiros a la vez pero en sentido contrario (Figura 3.20).

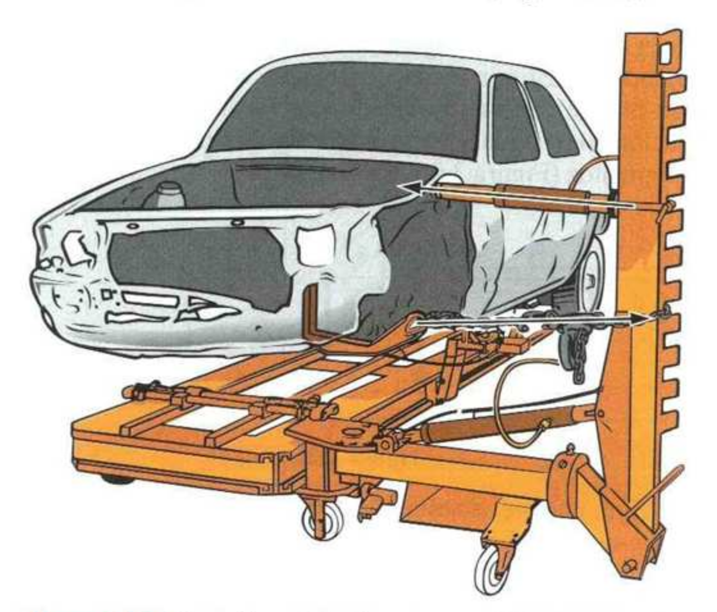


Figura 3.20. Ejemplo real de fuerzas paralelas de sentido contrario

3.7.3. Par de fuerza

Si el sistema de fuerzas está formado por dos fuerzas paralelas de igual intensidad, pero de sentido contrario y con distinto punto de aplicación, se le denomina **par de fuerza** (Figura 3.21).

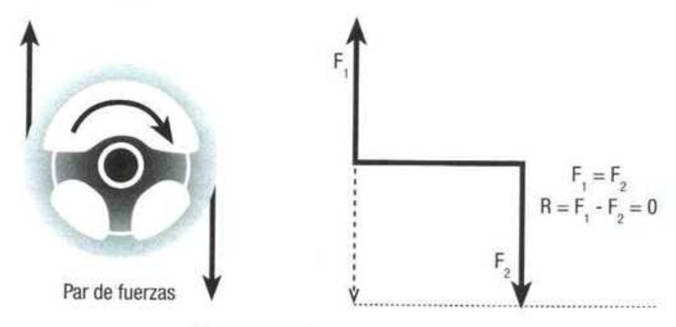


Figura 3.21. Par de fuerza

Al calcular su resultante se observa que es nula, lo que no quiere decir que sus efectos sean también nulos, ya que en este caso se produce un movimiento de rotación. Un ejemplo muy común de este sistema de fuerzas es el que se realiza cuando se gira el volante de un vehículo; cada mano ejerce una fuerza de idéntica intensidad pero de sentido contrario, produciendo el giro del mismo.

La característica más importante de este sistema es su **momento**, que es el producto de la distancia que existe entre las dos fuerzas por la intensidad de una de ellas (Figura 3.22). El momento de un par de fuerza determina su poder de giro, siendo equivalentes todos los pares con igual momento, aunque las intensidades de las fuerzas que las compongan sean distintas, por ejemplo, un par de fuerzas formado por dos fuerzas de 10 kp con una distancia de separación de 3 m es equivalente a otro par, formado por dos fuerzas de 15 kp con una separación de 2 m. Debido a que en ambos casos su momento resultante es de 30 kp x m.

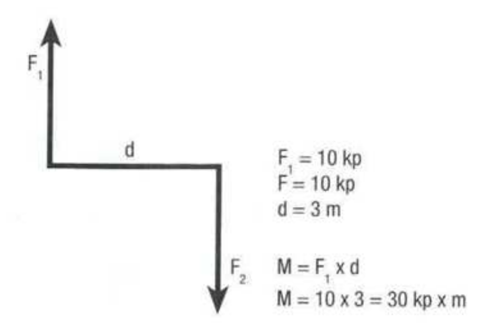


Figura 3.22. Resolución par de fuerza

3.8 Momento de una fuerza

Al principio de este capítulo se recordaba la definición de fuerza:

Fuerza es toda acción o causa que modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, o que produce una deformación.

El movimiento que puede producir una fuerza es generalmente de traslación, aunque en el apartado anterior se ha podido comprobar que también puede producir un movimiento de rotación, donde estos efectos se miden mediante una nueva magnitud denominada: **momento de una fuerza, y se define como el producto de la intensidad de la fuerza aplicada por la distancia existente entre la fuerza aplicada y el eje de rotación** (Figura 3.23).

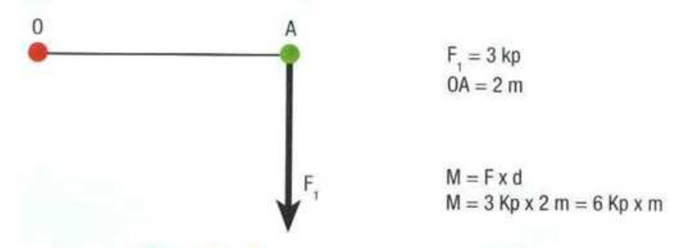


Figura 3.23. Momento de una fuerza

Esta magnitud rotatoria es directamente proporcional a la distancia entre el eje y la fuerza aplicada, por ejem-

plo, si tenemos que aflojar un tornillo que está considerablemente apretado tendremos que realizar menos fuerza utilizando una llave con una palanca grande que si utilizamos la misma llave con una palanca pequeña, donde tendremos que realizar mucha más fuerza (Figura 3.24).

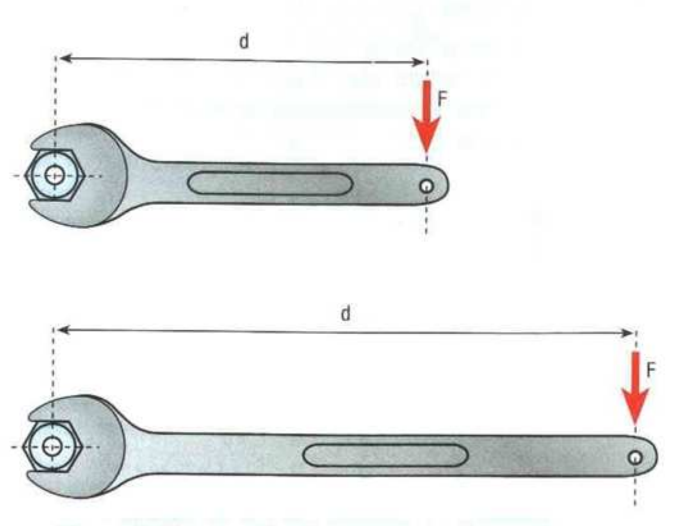


Figura 3.24. ejemplo de momento de una fuerza

En función del sentido de giro se establecerá que será positivo (+) o negativo (-). En el primer caso (+) si gira en sentido contrario a las agujas del reloj, y negativo si gira en el mismo sentido.

En las uniones de elementos realizadas por tornillos medir esta magnitud en cada tornillo es fundamental para controlar la presión que ejerce un elemento contra otro, para controlar esta magnitud se utiliza la llave dinamométrica, útil indispensable en el sector de vehículos autopropulsados (Figura 3.25).

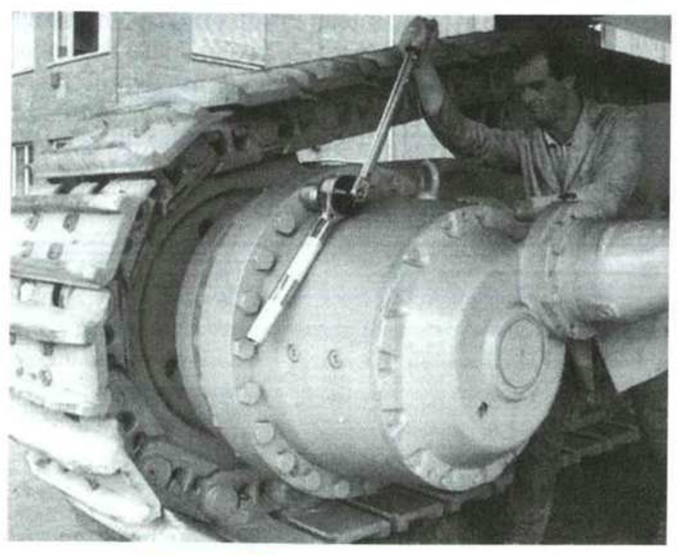


Figura 3.25. Llave dinamométrica

Si son varias las fuerzas aplicadas en distintos puntos, cada fuerza aplicada tendrá su momento en relación con el punto de giro producido, dependiendo el efecto del giro de la suma algebraica de dichos momentos, pudiéndose sustituir todas las fuerzas aplicadas por otra (resultante) que multiplicado por la distancia de aplicación fuese igual que la suma algebraica de todos los momentos (Figura 3.26).

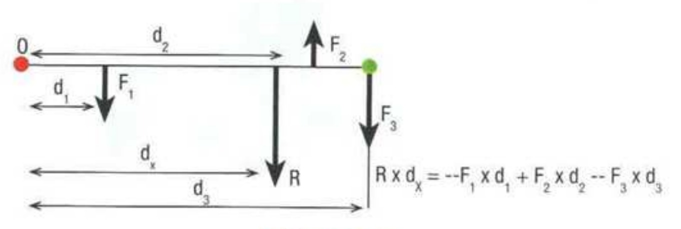


Figura 3.26

En cualquier sistema de fuerzas, el momento resultante está en función del punto de giro elegido. En el ejemplo anterior, el cálculo del momento se ha realizado tomando como referencia el punto O, pero pudiera calcularse respecto a otros puntos. En este caso la magnitud del momento será distinta, aunque siempre se cumplirá la ecuación anterior (Figura 3.27).

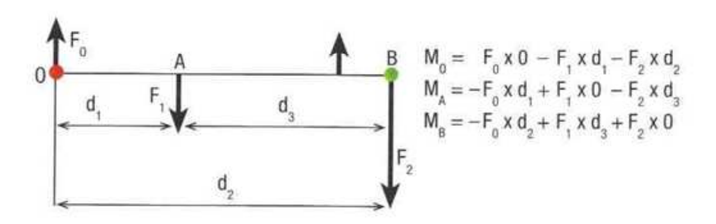


Figura 3.27. Resolución del momento de una fuerza

3.9 Sistemas de fuerzas en el espacio

Se dice que una fuerza representada por el vector OA está en el espacio cuando el vector tiene componentes sobre los tres ejes de un sistema de coordenadas rectangulares.

Si proyectamos un vector sobre tres ejes rectangulares (Figura 3.28) vemos que dicho vector no es otra cosa que la diagonal del paralepípedo cuyas aristas son, precisamente, sus proyecciones sobre los ejes, llamando A al vector y A_x, A_y, A_z, a los valores numéricos de sus proyecciones sobre los ejes x, y, z. De ello se deduce que cualquier vector se puede definir mediante tres números,

ya que las proyecciones del vector determinan su módulo, dirección y sentido.

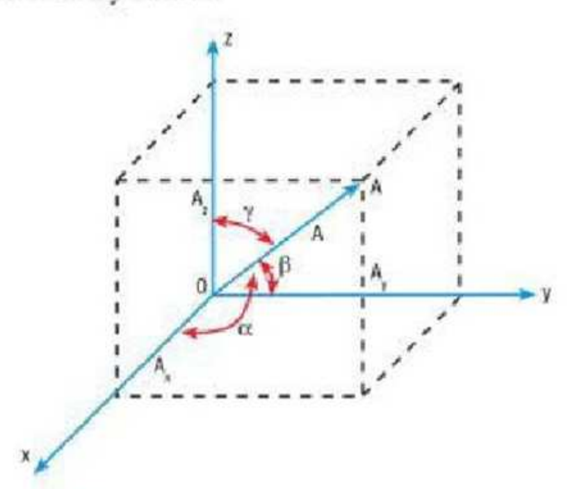


Figura 3.28. Proyección de un vector

Los puntos dimensionales de la carrocería del vehículo también vienen expresados por tres números que se corresponden con las proyecciones sobre los ejes x, y, z (Figuras 3.29.A y 3.29.B).

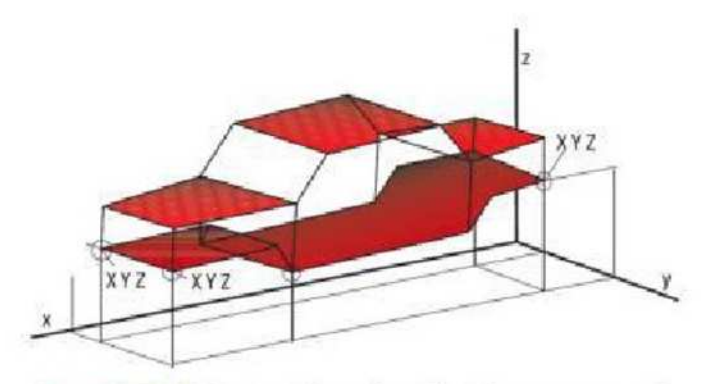


Figura 3.29.A. Puntos dimensionales de una carrocería



Figura 3.29.B. Ejemplo puntos dimensionales de una carrocería

Autoevaluación

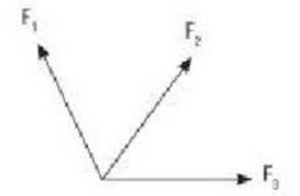
1. ¿Cuántas fuerzas fundamentales están identificadas en la actualidad?
2. Identifica y describe los elementos que componen una fuerza.
3. Enumera los distintos sistemas de fuerzas.
4. Describe las tres leyes de Newton.
5. ¿Qué es un dinamómetro?
6. ¿Qué es el momento de una fuerza?
7. Escribe el principio de acción y reacción.



Actividades propuestas

1. Desarrolla un ejemplo sobre el principio de la aceleración.

2. Resuelve vectorialmente la suma de las fuerzas del gráfico.



3. Desarrolla un sistema de fuerzas paralelas de sentido contrario, dándole valor a cada fuerza y calculando su resultante.

4. Desarrolla un sistema de fuerzas paralelas que están en el mismo sentido, dándole valor a cada fuerza y calculando su resultante.



4

Influencia de un golpe en un vehículo

Contenido

Objetivos

- Conocer el efecto de las fuerzas en los metales.
- Estudiar las fuerzas que intervienen en una colisión.
- Analizar las deformaciones que se pueden producir en la carrocería, en función de la estructura.
- Comprender los cambios que se producen en la estructura interna del metal cuando se produce una deformación.

Introducción

Los metales sólidos, al igual que el resto de la materia, están compuestos por átomos, que a su vez están constituidos por un núcleo de iones positivos (átomos sin su electrón de valencia) y rodeado de los electrones que forman una gran nube electrónica (Figura 4.1). Muchos de estos electrones se denominan electrones libres o de valencia, están débilmente enlazados con su núcleo. Los átomos están muy juntos unos con otros y los electrones de valencia no están asociados férreamente a ningún núcleo en particular, siendo atraídos constantemente por los átomos de su alrededor, moviéndose fácilmente por el metal. La alta conductividad térmica y eléctrica de los metales se basa en esta característica.

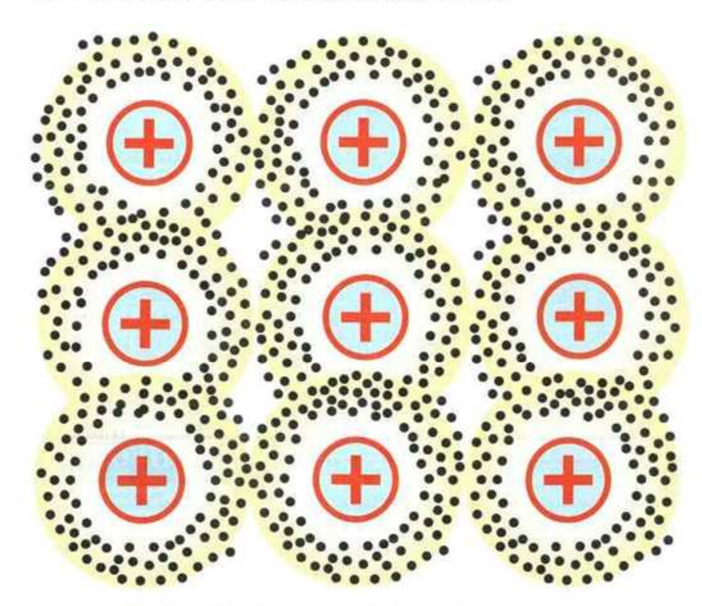


Figura 4.1. Composición de los metales

Estas diminutas partículas que sólo se pueden observar con el microscopio metalográfico se combinan entre sí formando una gran cantidad de granos de forma geométrica irregular, creándose configuraciones granulares que forman un sólido cristalino de distinta geometría y forma, en función de la disposición de los átomos que constituyen el sólido y de la fuerza de enlace entre ellos.

Las chapas metálicas utilizadas en la fabricación de las carrocerías pueden tener idéntico aspecto, pero existen diferencias en su composición química y estructura cristalina; por ejemplo, cuanto menos sea el número de electrones libres que tengan los átomos, el enlace resulta más metálico y viceversa. La configuración granular de los metales determina su reacción ante una fuerza dada. Estas diferencias pueden afectar a su resistencia y características mecánicas en general. En el caso del acero suave los granos individuales pueden resistir cambios y movimientos considerables antes de romperse; en cambio, en los aceros duros o extraduros apenas se permite el movimiento de sus granos, pues al intentar desplazarse se rompe la estructura. A medida que aumenta la dureza, aumenta también la fragilidad.

Como ya se ha mencionado en el tema anterior, los fabricantes de vehículos utilizan diferentes materiales en la estructura de la carrocería; como tienen propiedades físicas y mecánicas diferentes, el técnico reparador debe conocer las características generales del material para no dañar en la medida de lo posible la estructura interna del material cuando realice la reparación de la carrocería.

4.1 Efecto de las fuerzas en el metal

La configuración del grano del metal determina cómo reacciona a una fuerza dada. La resistencia al cambio presenta dos propiedades que son:

- Deformación elástica (elasticidad).
- Deformación plástica (plasticidad).

La elasticidad es la capacidad del metal que le permite recuperar su forma original al suprimir las cargas que produjeron la deformación. Por ejemplo, si se dobla ligeramente un trozo de chapa, al dejar de realizar la fuerza que ha provocado su deformación, la chapa recuperará su forma inicial (Figura 4.2).

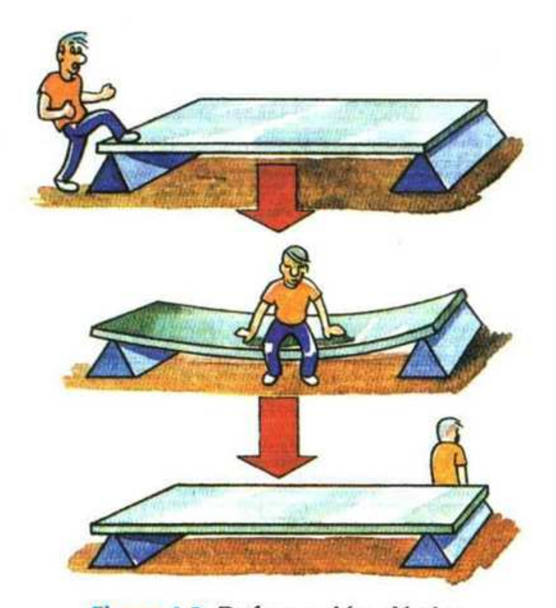


Figura 4.2. Deformación elástica

La plasticidad es la cualidad que tiene el metal de doblarse y adoptar distintas formas una vez superado el límite elástico, gracias a que los átomos del metal se pueden deslizar unos sobre otros sin distorsionar completamente la estructura del enlace metálico, aunque sin modificar su posición. En el ejemplo anterior, si se aplica una fuerza superior y se dobla la chapa hasta formar una "U" se observará que la chapa no recupera su forma original, se queda parcialmente curvada (Figura 4.3).

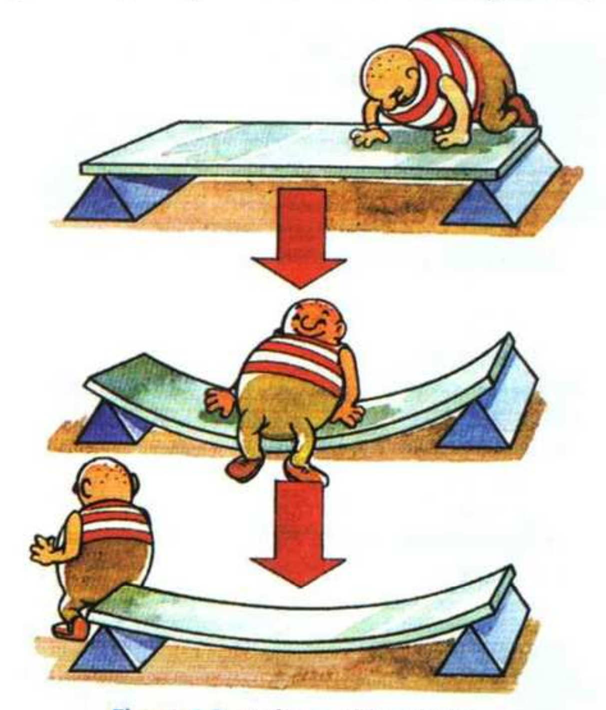


Figura 4.3. Deformación plástica

En una colisión sucede de igual forma: si la colisión es pequeña, la chapa se deformará un poco y una vez desaparezca la fuerza deformadora, la chapa volverá a su posición original. Pero si la colisión genera una fuerza superior al límite elástico de la chapa, la deformación se mantendrá. En ocasiones, la deformación que se produce en un área no es debida a que se haya superado el límite elástico del material, sino a que las zonas adyacentes están deformadas y mantienen ese área en tensión. En este caso, una vez reparadas las zonas deformadas, dicho área recuperará su posición original.

De lo anterior se deduce que es muy importante realizar un buen diagnóstico y analizar correctamente cómo se ha producido la deformación antes de iniciar la reparación.

La elasticidad y plasticidad son propiedades que se pueden representar en un gráfico (Figura 4.4) en el que se observa la relación entre el módulo del esfuerzo aplicado y el alargamiento producido en el metal cuando se le aplica una fuerza capaz de provocar una deformación.

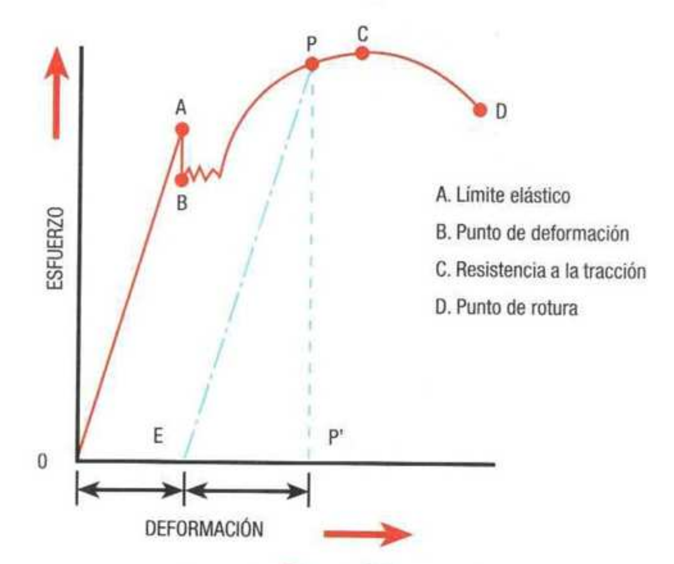


Figura 4.4

Si el módulo aplicado aumenta progresivamente en pequeños valores, el alargamiento que se produce es proporcional a la fuerza aplicada. El punto A representa el límite elástico, si el módulo de la fuerza aplicada es inferior a este valor, la deformación del metal desaparecerá y volverá a su forma original, una vez desaparezca la fuerza. Por el contrario, si se supera el punto A, y sigue aplicándose fuerza hasta llegar al punto P, el alargamiento del metal se producirá hasta P', pudiendo regresar hasta el punto E si desaparece la fuerza, pero siempre existirá el alargamiento OE. Si se supera la fuerza P, se producirá un deslizamiento granular excesivo del material y el alargamiento aumentará de forma considerable hasta que se produce la rotura.

Cuando la deformación plástica del metal en frío ha sido muy grande pero sin llegar al punto de rotura, la estructura granular en esta zona se encuentra muy alterada, los átomos se desplazan, giran y se trituran, desajustándose de tal forma que altera bruscamente sus propiedades físico/químicas y mecánicas. En la chapa de la carrocería, si se produce un pliegue o nervadura, aumenta su resistencia mecánica y su dureza, y disminuye el alargamiento relativo y la resiliencia.

En definitiva, el metal se hace más duro y rígido en esta zona debido a las tensiones a que están sometidos los granos (Figura 4.5), este incremento de la dureza se denomina endurecimiento del metal y se puede producir debido a una colisión, o ser provocado en el proceso de fabricación del panel para reforzar la zona.

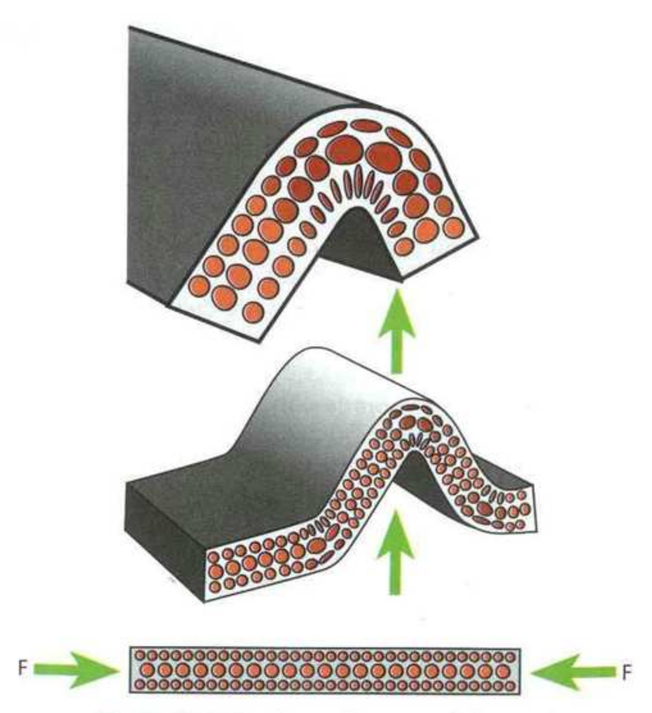


Figura 4.5. Tensiones internas del metal

En la reparación de la carrocería hay que tener en cuenta estas zonas que tienen mayor rigidez, pues en ocasiones son las que provocan tensiones sobre las zonas adyacentes provocando su deformación.

Una vez más se resalta la importancia de dedicar el tiempo necesario al estudio de la colisión antes de iniciar la reparación para utilizar el método adecuado.

4.2 Las fuerzas que intervienen en una colisión

En una colisión el tiempo que transcurre desde el momento del contacto hasta que las reacciones han finalizado es muy pequeño. Los desperfectos causados por las fuerzas de colisión se producen porque el vehículo cambia bruscamente su velocidad al colisionar contra otro objeto. Este cambio repentino de velocidad, producido en tan corto tiempo, crea una serie de fuerzas que se pueden agrupar en dos clases:

- **Fuerzas exteriores:** son generadas por la interposición de otro objeto en la trayectoria del vehículo, como otro vehículo, un poste, una pared, etc.
- **Fuerzas interiores:** son generadas por la inercia de todos los elementos del propio vehículo.

En la colisión de un vehículo contra una pared (fuerza externa) la parte frontal del vehículo que está en contacto directo con la pared sufre un cambio brusco de velocidad y se detiene (Figura 4.6), el resto del mismo sin embargo continúa moviéndose en la misma dirección, actuando contra las áreas del vehículo que está en contacto directo contra la pared, produciendo la deformación de esa zona en primer lugar y, a continuación, la del resto del vehículo, en relación con la energía que hubiese alcanzado el vehículo.

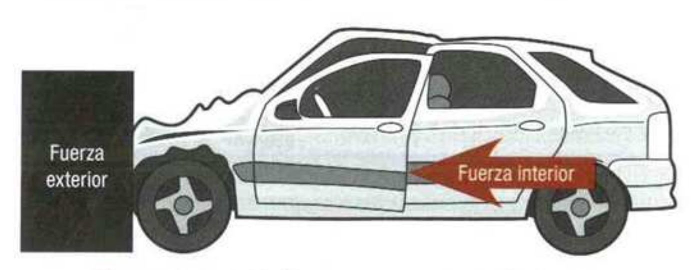


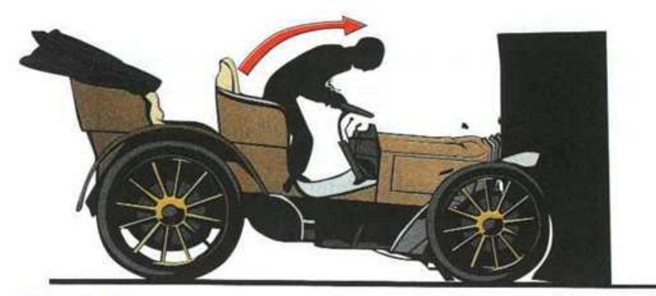
Figura 4.6. Colisión con un obstáculo rígido

En la colisión de un vehículo que está parado y es golpeado desde atrás por otro (Figura 4.7), la superficie en contacto directo con el vehículo que golpea (fuerza exterior) comienza a desplazarse hacia delante por el empuje de la fuerza que se le aplica. Debido a la inercia que se crea en el vehículo estacionado se resiste al movimiento, creando una fuerza interior que actúa contra la zona del vehículo que ha empezado a avanzar, produciéndose la deformación de ambos.



Figura 4.7. Colisión con un obstáculo deformable

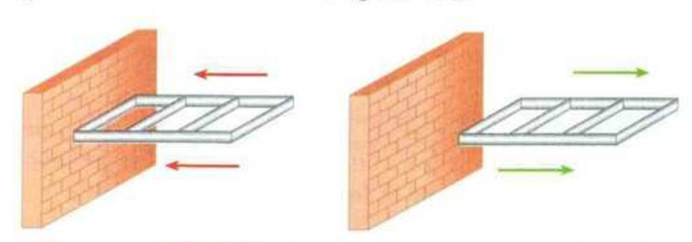
La carrocería de los vehículos está diseñada para absorber impactos y proporcionar seguridad a los ocupantes del habitáculo, dentro de unos límites, haciendo que la carrocería se contraiga y absorba la mayor parte de la energía. Pero no siempre ha sido de esta forma. Al inicio de la producción en serie de los vehículos se consideraba que la estructura tenía que ser casi indeformable, considerándose que el coche era más seguro cuanto más gruesas eran las chapas con las que estaba construido, por lo tanto desde aquel punto de vista, menos indeformable y más seguro, y, en efecto, la estructura estaba segura en las colisiones, pero de los ocupantes no se podía decir lo mismo (Figura 4.8), ya que toda la energía que se transmitía en la colisión se trasladaba en su totalidad a los ocupantes, sometiéndolos a cargas extremadamente elevadas. En la actualidad estos conceptos han cambiado, pero en el argot popular todavía se sigue relacionando la seguridad del vehículo con el grosor de la chapa.


Figura 4.8. Vehículo indeformable = más riesgos para los ocupantes

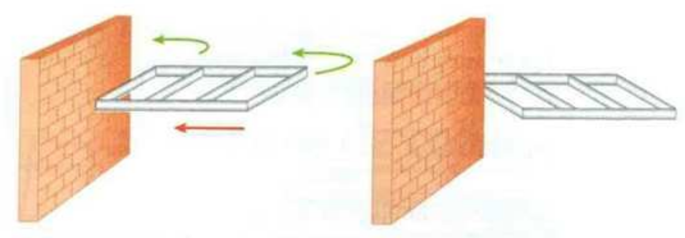
Para comprender mejor el estudio de los efectos que se producen en un vehículo ante una colisión, se exponen a continuación una serie de ejemplos tomando como base un vehículo con una estructura rectangular simple, para observar las distintas deformaciones producidas en función del material de construcción y del punto de aplicación de la fuerza deformadora. Las dos primeras colisiones corresponden a un vehículo con una estructura teóricamente indeformable, las siguientes son con una estructura deformable. Todas las colisiones se realizan con una fuerza de la misma intensidad.

4.2.1. Estructura muy resistente a la deformación

Golpe frontal: si la energía que ha alcanzado el vehículo antes de la colisión no es suficiente para deformar la estructura ni el muro, ocurrirá igual que al patinador cuando empujaba la pared (tercera ley de Newton), la fuerza aplicada al muro (acción) es la que le transmite el muro al vehículo, desplazándolo en la misma dirección pero en sentido contrario (Figura 4.9).


Figura 4.9. Tercera ley de Newton

Golpe en un extremo del frontal: en este caso, el punto de colisión afecta a un lado del frontal, por lo tanto, toda la energía se aplica en ese punto, como hemos partido de que la estructura es indeformable, la fuerza de reacción provoca el giro de la estructura, que será mayor o menor en función del punto de aplicación (partiendo de que la intensidad del golpe es idéntica para todas las colisiones del ensayo) (Figura 4.10).


Figura 4.10. Giro al producirse un golpe en un extremo

4.2.2. Estructura deformable

Golpe frontal: en este caso, las fuerzas de acción y reacción producen una deformación en forma de acordeón en la estructura, debido a que ambos lados están construidos con la misma forma y sus moléculas tienen la misma fuerza de cohesión. Produciéndose un acortamiento de longitud de los lados por igual (Figura 4.11).

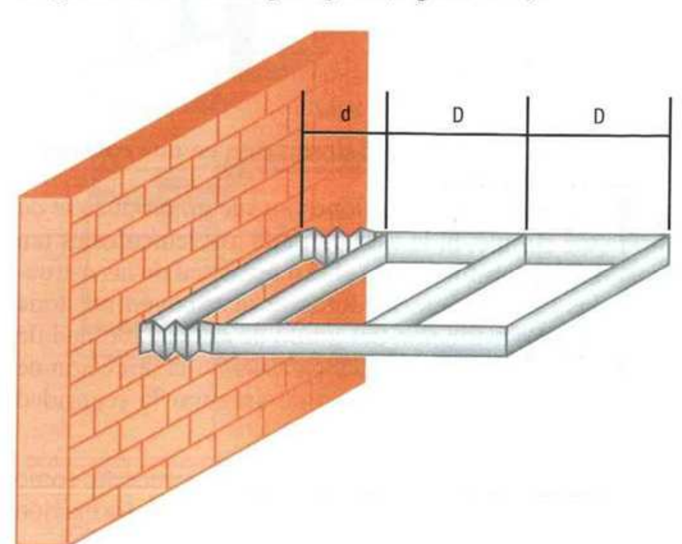


Figura 4.11. Deformación programada en una estructura deformable

Golpe en un extremo del frontal: el punto de colisión es un lado del frontal de la estructura, por lo tanto, toda la energía se aplica en ese punto, provocando en primer lugar la deformación de ese lado, como en el otro lado ningún obstáculo le impide el paso, tiende a seguir su trayectoria, provocando el giro de la estructura (Figura 4.12), que será mayor o menor en función del punto de aplicación, pero en todo caso siempre tendrá tendencia a girar menos que el de la estructura indeformable.

Si repetimos la colisión frontal pero cambiando el material de construcción de uno de los lados por otro de mayor capacidad de absorción de energía deformadora se observa que el efecto producido es una deformación distinta en cada lado, siendo mayor en el lado que tiene

más capacidad de absorción (Figura 4.13) y, por tanto, el acortamiento de longitud es también mayor, provocando que la estructura gire hacia ese lado.

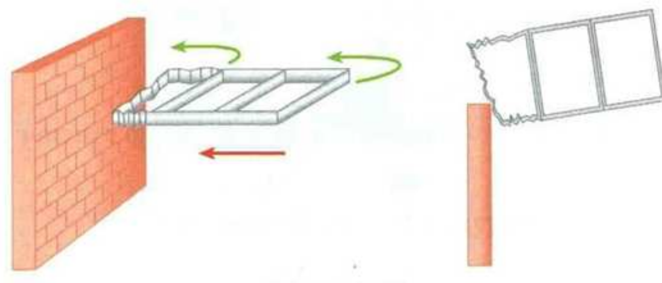


Figura 4.12

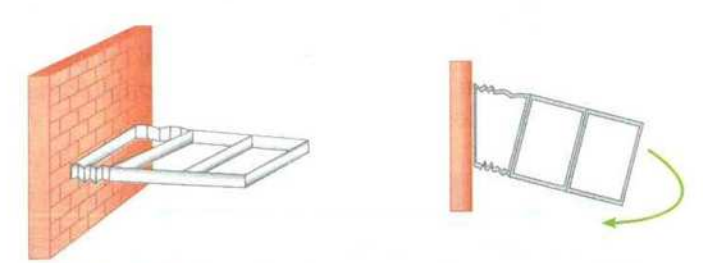


Figura 4.13. **Ejemplo de deformación en una colisión**

En la realidad las colisiones no suelen producirse de forma tan simple, ni la estructura de los vehículos es tan rectangular y uniforme. En el diseño actual de las estructuras, las fuerzas deformadoras se distribuyen por toda la estructura en función del grado de deformabilidad de los materiales, canalizando y cambiando la dirección de dichas fuerzas con el objetivo de asegurar la seguridad en el interior del habitáculo.

Cuando se produce un golpe en una carrocería, como la que aparece en la Figura 4.14, se inicia la deformación

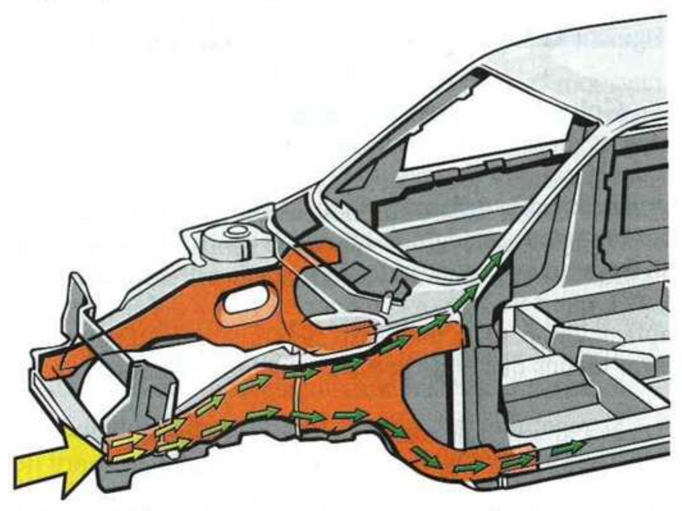


Figura 4.14. **Posible distribución de las fuerzas en una colisión real**

en el área de contacto y se transmite, disminuyendo progresivamente la energía de colisión en la medida que se va deformando. Según avanza la fuerza de colisión, cambia de dirección en varias ocasiones y se va deformando el metal, reduciendo el valor de la energía de colisión, cuando llega al final del larguero la energía se divide en dos fuerzas (disminuyendo su valor), cambiando de nuevo de dirección, pasando al pilar delantero del habitáculo y de ahí al techo y a los bajos de la carrocería.

La deformación total dependerá de la energía de la colisión, que a su vez depende de:

1º El ángulo y la dirección en que se ha producido el golpe (Figura 4.15); en función de este parámetro actuarán a la vez distintas fuerzas, constituyendo un sistema de fuerzas que producirá un efecto determinado.

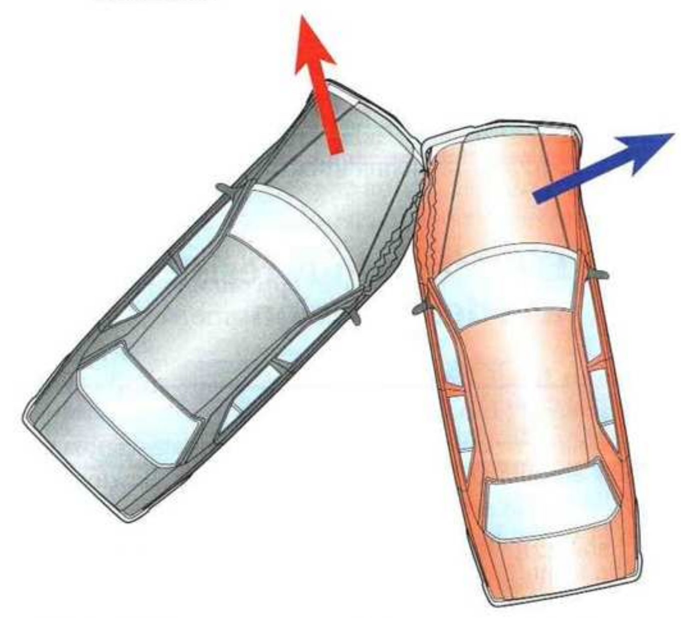


Figura 4.15. **Ejemplo de colisión de dos vehículos en movimiento**

2º La velocidad del/los vehículos en el momento de producirse la colisión; que determinará la intensidad o módulo de la fuerza de colisión.

3º La zona del vehículo que ha intervenido en la colisión (Figura 4.16); en función de la zona donde se produce la colisión (frontal, lateral, trasera) provocará unos efectos u otros.

4º Del área o superficie (Figura 4.17); si el golpe se produce como en los ejemplos anteriores (contra un muro), la superficie que interviene es amplia y, por lo tanto, la deformación se reparte por toda la zona. En cambio, si con los mismos parámetros, el vehículo se golpea contra una columna, los des-

perfectos que se producen serán más graves, ya que el área es más reducida y en cambio la energía es la misma; a este nuevo parámetro se le denomina intensidad de esfuerzo y se define como fuerza por unidad de superficie y se expresa en kilopondios por milímetro cuadrado o cualquier múltiplo o submúltiplo de esta unidad.



$$I = F / S$$

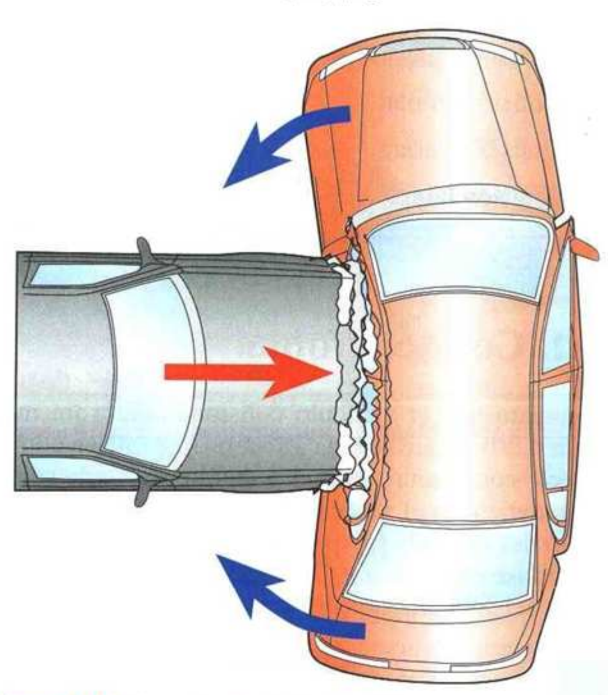
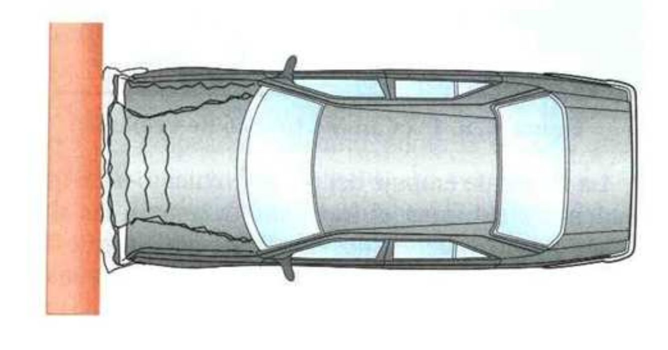


Figura 4.16. Ejemplo de deformación ante esta colisión



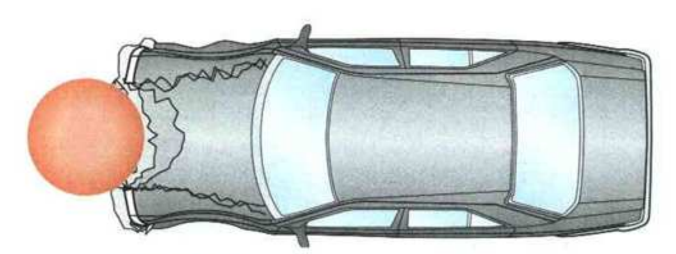


Figura 4.17. Ejemplo de deformación

4.3 Deformación de la estructura en función de la zona de colisión

Las fuerzas que se producen cuando un vehículo colisiona contra otro en movimiento son las mismas que cuando colisiona contra un objeto parado. En la colisión de los dos vehículos en movimiento, los efectos se incrementan porque se suman las energías generadas por ambos.

Para proceder a analizar las deformaciones que se producen en una colisión es conveniente dividir la carrocería en tres partes o secciones principales (Figura 4.18) ya explicadas en el apartado 1.3.

- Sección delantera.
- Sección central.
- Sección trasera.

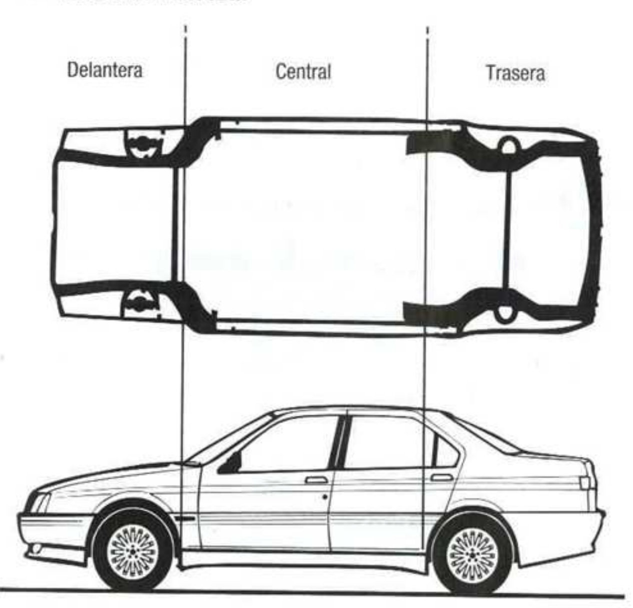


Figura 4.18. Secciones principales de la carrocería

En función de la zona con que colisiona se producirán más o menos desperfectos, por ejemplo, en un golpe frontal contra un muro a una velocidad de 50 km/h, la sección delantera se contrae longitudinalmente de un 30 a un 40%, en cambio la sección central sólo se contrae de un 1 a un 2% (partiendo de la base que el vehículo circule con la energía suficiente para producir estos desperfectos).

La carrocería está diseñada para resistir colisiones de una determinada intensidad sin deformarse, pero a partir del valor de esa intensidad crítica se va deformando progresivamente, en función de su diseño y del grado de

deformabilidad de los materiales. Con este fin, las carrocerías tienen una serie de zonas que están especialmente preparadas para que, en caso de colisión a una determinada intensidad, se deformen y absorban la mayor parte de la energía. Estas zonas se denominan zonas fusibles o secciones derrumbables, su diseño y construcción responde a la necesidad de convertir el habitáculo en una zona segura para sus ocupantes. Estas zonas no sólo están diseñadas para deformarse antes que otras, sino que además canalizan la deformación para que provoquen el menor desperfecto posible, por ejemplo, en un choque frontal hace que los largueros no se incrusten dentro del habitáculo.

En el siguiente apartado se analizan las deformaciones que se pueden producir en función de la zona de colisión, si bien es verdad que pueden estar implicadas varias zonas, por ejemplo, el vehículo que colisiona contra otro y a continuación sale despedido dando vueltas de campana o vuelve a colisionar.

En primer lugar se analizarán colisiones de vehículos con carrocería autoportante y después los vehículos con estructura formada por bastidor y carrocería.

4.4 Efectos de una colisión en un vehículo autoportante

Los vehículos monocasco y autoportante están diseñados con una estructura envolvente constituida por la unión de chapas de diversos espesores que conforman elementos distintos (incluido el suelo de la carrocería) que, a su vez, están unidos entre sí, proporcionando una gran rigidez a todo el conjunto y posibilitando su deformación programada (Figura 4.19), consiguiendo que, en caso de colisión, los efectos sobre la estructura de la carrocería se vayan reduciendo según avanza la deformación.

Cuando colisiona un vehículo contra otro, o contra cualquier objeto, no se comporta como una masa sólida, cada sección actúa como una fuerza individual que intenta mantener su estado de reposo, ofreciendo por tanto resistencia a cualquier cambio de estado. Este hecho puede provocar que unos elementos se mantengan sin deformaciones y el resto se deformen. Cada sección interviene de alguna manera en la deformación del resto en función de su diseño y de su peso, cuanto más pesada sea la sección, más fuerte es el efecto que causa (debido a la inercia).



Figura 4.19. Carrocería monocasco

A continuación se desarrollan para su análisis las siguientes colisiones:

- Colisión frontal.
- Colisión trasera.
- Colisión lateral
- Colisión con vuelco.

4.4.1. Colisión frontal

Suponiendo que el vehículo colisiona contra un muro (Figura 4.20). El área de la carrocería que está en contacto directo con el muro sufre un cambio brusco de velocidad, se detiene si el vehículo tiene la suficiente energía. El resto del vehículo (sección central y trasera) continúa moviéndose en la misma dirección provocando la deformación del área que está en contacto contra el muro.

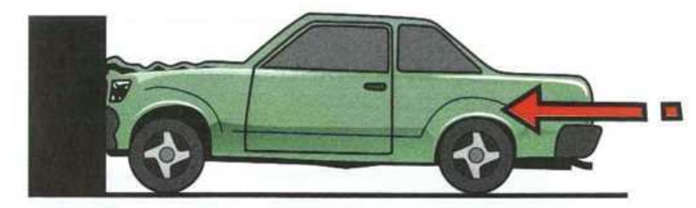


Figura 4.20. 1º - Cambio brusco de velocidad

La fuerza de empuje del propio vehículo hace que se comience a deformar el travesaño delantero, las aletas, el capó y los largueros (desviándose normalmente hacia abajo), a la vez se inicia el levantamiento de la zona que soporta la suspensión, debido al arco que forma la carrocería para la sujeción de ésta y la fuerza hacia arriba que la suspensión está ejerciendo (Figura 4.21).

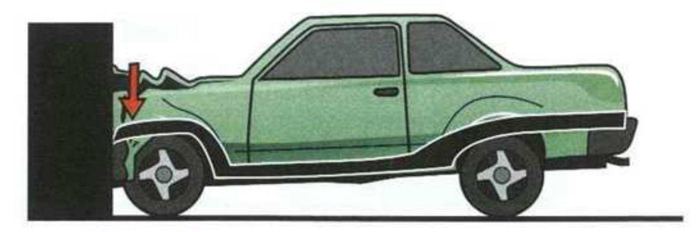


Figura 4.21. 2º - Deformación parte delantera

La sección trasera del vehículo sigue teniendo la inercia de desplazarse hacia delante (Figura 4.22), pero se encuentra con la oposición de la sección central, produciéndose una deformación hacia arriba, provocando el cierre del hueco de la puerta y ejerciendo una mayor presión en la zona del techo que suele doblar el travesaño estructural del parabrisas delantero, y deformando el techo. Esta deformación será mayor en los vehículos que tienen el motor en la parte trasera, ya que tienen mayor peso en esa parte que los que tienen el motor en la parte delantera y en consecuencia adquieren más inercia.

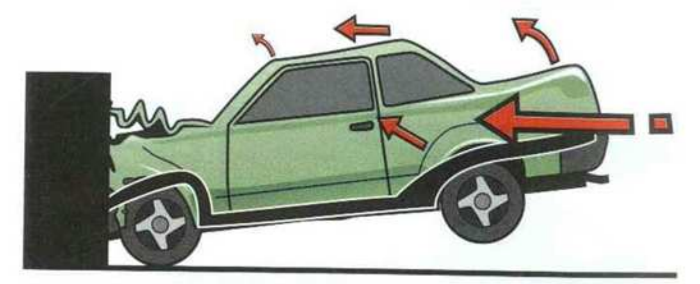


Figura 4.22. 3° - Deformación del resto de la carrocería

4.4.2. Colisión trasera

Si un vehículo es golpeado por la parte trasera por otro cuando está parado, o cuando circula a una velocidad inferior al vehículo que le golpea, la masa del primero se convierte en una fuerza activa contra el vehículo que está circulando a mayor velocidad, provocándose deformaciones en ambas carrocerías.

En el momento del impacto la sección delantera del vehículo que golpea entra en contacto con la sección trasera del golpeado, transmitiéndole la energía que el vehículo llevaba en ese momento. El vehículo golpeado puede ser desplazado, pero debido a la inercia que presenta se crea una fuerza interior que se opone a la fuerza aplicada, iniciándose la deformación de la sección trasera. Si los vehículos implicados en la colisión tienen el motor y la tracción en la parte delantera (en algunos casos supone el 50% del peso total del vehículo) se desarrollan dos posibles efectos:

- En el vehículo que recibe la colisión, al tener el mayor peso en la parte delantera, la inercia mayor se crea en esta sección, oponiéndose al desplazamiento de la sección central y trasera.
- En el vehículo que colisiona es al contrario, además esta sección está más reforzada para poder soportar todo el peso.

La conclusión es que aunque ambas zonas tienen diseñadas áreas de absorción de impactos, la zona más dañada siempre será la sección trasera que recibe la colisión, deformándose generalmente como se describe a continuación.

Una vez iniciada la deformación del faldón y travesaño trasero (Figura 4.23), la energía deformadora continúa avanzando, deformando las aletas, el maletero y los travesaños, que normalmente se inclinarán hacia abajo, desplazándose sobre la suspensión y el suelo del maletero que comienza a romperse. La inercia que presentan las otras dos secciones provoca que el resto de la carrocería se resista a la fuerza exterior.



Figura 4.23. 1° - Cambio brusco de velocidad e inicio de deformación

A medida que avanza la colisión se producen desplazamientos y deformaciones adicionales (Figura 4.24). La sección trasera se desplaza hacia arriba, intentando arrastrar a la sección central (A) que se resiste, provocando que en el extremo opuesto (B) se desplace hacia abajo.



Figura 4.24. 2° - Deformación punto A y B

La colisión continúa hasta que se agote la energía del vehículo que colisiona, provocando que el pilar o travesaño estructural central se desplace hacia arriba y deforme el techo. Las puertas se descentran y puede que se caigan (Figura 4.25).

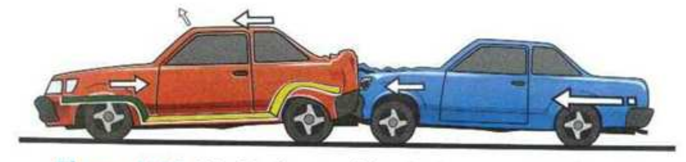


Figura 4.25. 3° - Deformación de las carrocerías en función de la energía de la colisión

4.4.3. Colisión lateral

Los desperfectos laterales se producen cuando un vehículo es golpeado lateralmente por otro, o cuando choca lateralmente contra otro objeto. Las fuerzas que inter-

vienen son similares en ambos casos. Para explicar estas fuerzas utilizaremos el ejemplo de una colisión de un vehículo que choca directamente sobre otro que está aparcado a una velocidad considerable.

En el momento del impacto, en el vehículo estacionado comienzan a deformarse las puertas y el pilar central, debido a la fuerza externa. El peso total del vehículo estacionado es la fuerza que se opone al vehículo (fuerza externa) que choca contra él (Figura 4.26).

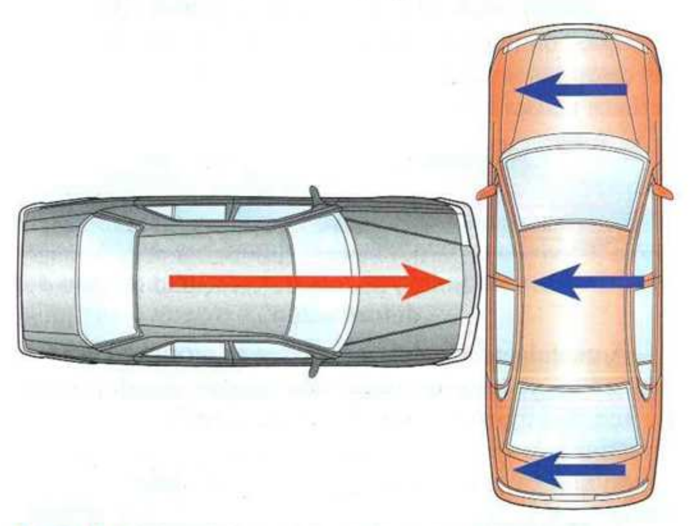


Figura 4.26. 1º - Deformación de los elementos en contacto

El lateral del vehículo continúa deformándose a medida que la fuerza exterior le empuja (Figura 4.27). A partir de este momento, la sección central comienza a moverse en la misma dirección que la fuerza exterior se está moviendo. Los extremos se resisten al movimiento, mientras comienza a desplazarse lateralmente.

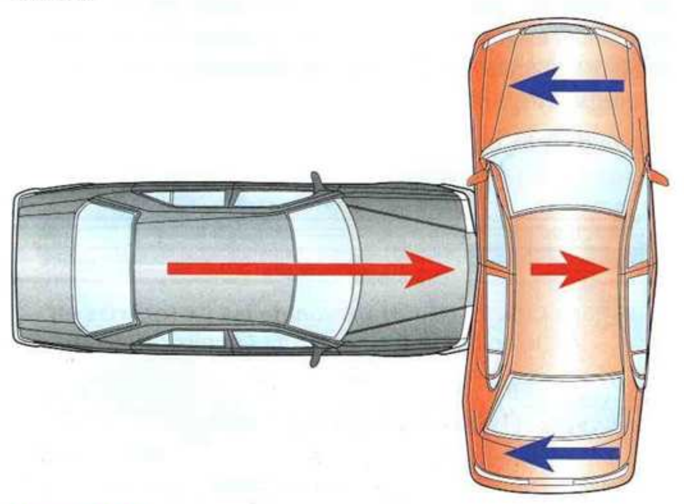


Figura 4.27. 2º - Desplazamiento del vehículo que recibe la colisión

A medida que continúa la transmisión de energía se producen distintas deformaciones en el lateral del vehículo. La sección central del mismo comienza a moverse más rápidamente, pero los extremos continúan resistiéndose al movimiento. Continúa la deformación lateral hasta que la fuerza interna es vencida y todo el vehículo comienza a resbalar lateralmente. La combinación de la rotura del metal en la sección central y la deformación en los extremos acorta la longitud del vehículo en ese lado de la colisión (Figura 4.28).

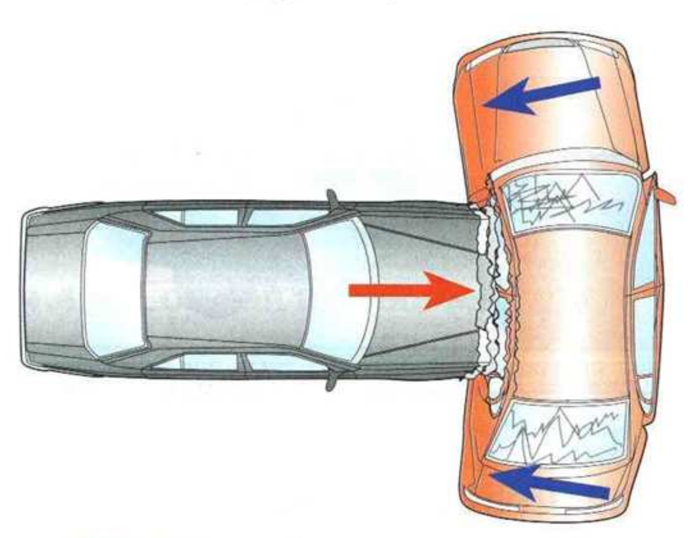


Figura 4.28. 3º - Deformación de la zona central

4.4.4. Colisión con vuelco

La mayoría de los vehículos que se ven involucrados en este tipo de colisión pueden rodar varias veces, provocando en la carrocería varias colisiones. Cada vez que el vehículo rueda y choca contra el suelo o algún otro objeto se considera una colisión independiente y cada colisión por separado puede añadir o variar los desperfectos producidos.

En el siguiente ejemplo se analizan las fuerzas que participan en una colisión con vuelco, el vehículo sólo rueda una vez.

Cuando el vehículo comienza a rodar, el techo golpea el suelo en una de las esquinas del parabrisas. Esta zona que incluye la esquina del techo, el parabrisas, la junta de la viga y la parte central de la carrocería sufre un gran cambio de velocidad, teniendo que soportar el peso del vehículo y la energía que todo el conjunto ha adquirido (Figura 4.29).

El área en contacto con el suelo se mantiene en el mismo sitio mientras el resto del vehículo continúa moviéndose, provocando un gran desperfecto en el travesa-

ño estructural del parabrisas y en la zona del casco superior. Sin embargo, debido a la resistencia del travesaño y del pilar central, el desplazamiento que se produce en esta zona se transmite también hacia la zona interior e inferior (Figura 4.30).

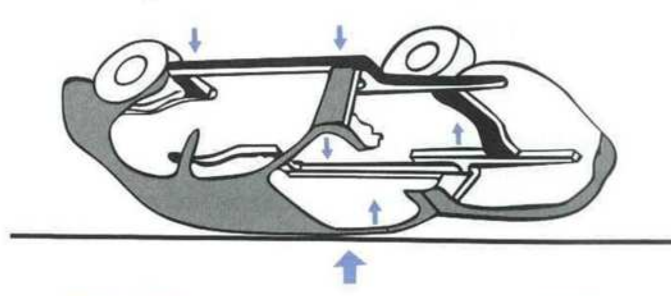


Figura 4.29. Ejemplo de deformación en vuelco

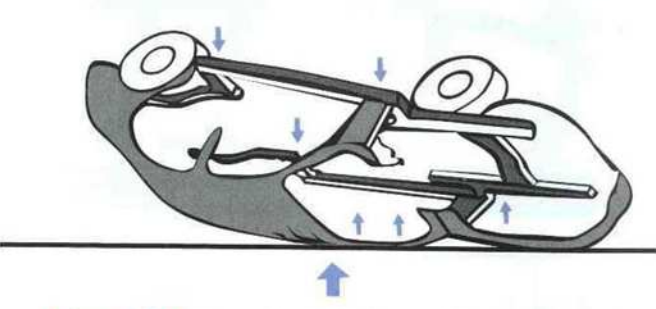


Figura 4.30. Ejemplo de deformación en vuelco

A pesar de que la parte superior y lateral son las que tienen los desperfectos más visibles, son las zonas bajas, como los largueros, los travesaños y del área del suelo, las que mantienen el descentramiento general de la carrocería (Figura 4.31).

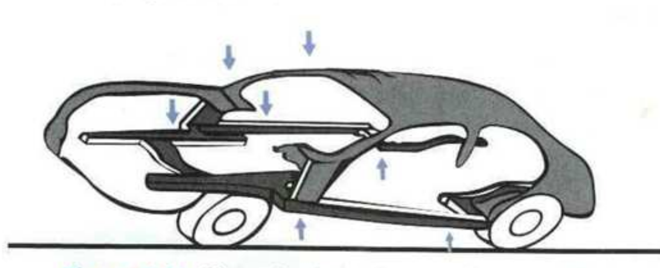


Figura 4.31. Ejemplo de deformación en vuelco

4.5 Efectos de una colisión en un vehículo con bastidor

Los vehículos con bastidor son aquellos cuyo diseño está básicamente definido por dos estructuras que desempeñan funciones distintas: el bastidor y la carrocería (Figura 4.32).

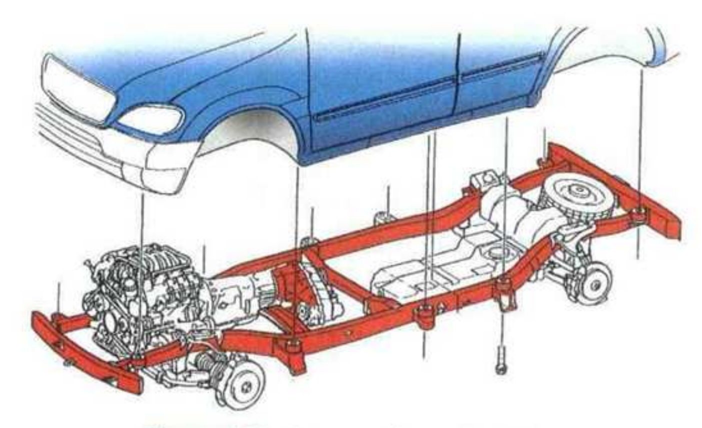


Figura 4.32. Carrocería con bastidor

El bastidor es el que soporta todos los órganos mecánicos del vehículo y absorbe las fuerzas de flexión y torsión que se producen en la marcha del vehículo, también es la parte más resistente en caso de colisión y, al igual que en el caso de los vehículos con carrocería autoportante, tienen zonas diseñadas para absorber gran parte de la energía que se transmite en una colisión.

La carrocería está unida al bastidor de distintas formas, dependiendo del fabricante, pero, independientemente del sistema, pueden producir colisiones en puntos donde la carrocería esté poco dañada y, en cambio, el bastidor esté deformado, dependiendo de la dirección y magnitud de la colisión.

Las deformaciones del bastidor se pueden agrupar en distintas categorías, aunque en ocasiones se pueden presentar varias a la vez, siendo las más frecuentes:

- Desviación lateral.
- Hundimiento.
- Aplastamiento.
- Diamante.
- Torsión.

4.5.1. Desviación lateral

Es producida por una colisión en un lado de la carrocería, provocando el desplazamiento lateral de los largueros respecto de su línea central (Figura 4.33). El desplazamiento se sitúa hacia el lado donde se ha producido la colisión, en esta zona se puede observar que en la parte interior del larguero aparecen pliegues, además de posibles desajustes de puerta o capó según donde se haya producido la colisión.

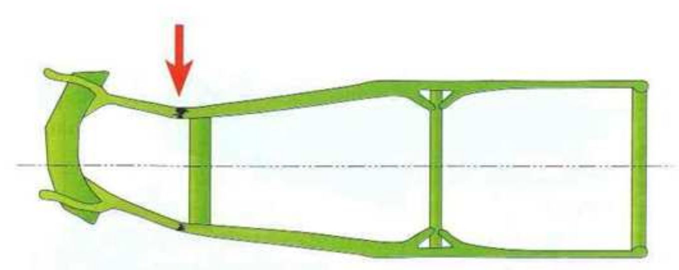


Figura 4.33. **Desviación lateral**

4.5.2. Hundimiento

El hundimiento tiene lugar cuando un área está en un plano inferior de la cota establecida. Suele producirse por un impacto frontal o trasero (Figura 4.34).



Figura 4.34. **Hundimiento**

El bastidor se deforma provocando pliegues que, dependiendo de la intensidad y de la zona del impacto, pueden desalinear los paneles de la carrocería, aunque aparentemente no se aprecien deformaciones.

4.5.3. Aplastamiento

Se denomina aplastamiento cuando cualquier sección del bastidor está más corto de lo especificado en las cotas (Figura 4.35). Este tipo de deformación casi siempre está acompañada por el hundimiento del bastidor en otro punto distinto a la zona aplastada, como en el caso del hundimiento se produce por una colisión frontal o trasera.

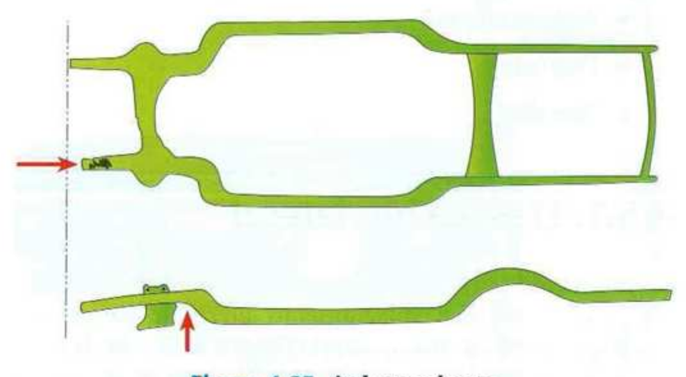


Figura 4.35. **Aplastamiento**

4.5.4. Diamante

La deformación de diamante es aquella en la que todo un lado del bastidor ha sido desplazado hacia atrás o hacia delante respecto del otro lado, provocando que la carrocería se descuadre (Figura 4.36). En este tipo de deformación pueden aparecer otros efectos como el aplastamiento y el hundimiento.

Esta deformación es producida cuando ha existido una colisión muy fuerte en una zona retirada del centro, que puede ser tanto en la parte delantera como trasera.

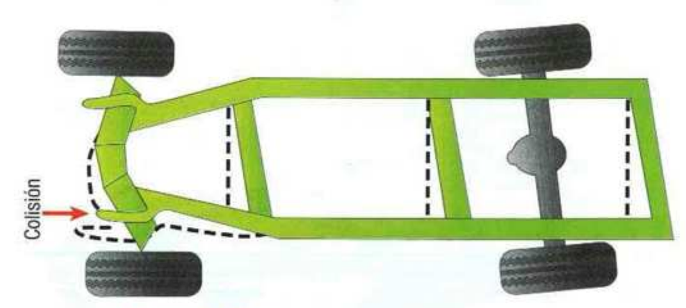


Figura 4.36. **Deformación en diamante**

4.5.5. Torsión

Se denomina así cuando un larguero del vehículo se encuentra más elevado que las medidas establecidas en las cotas y a la vez, el larguero opuesto, más bajo de lo indicado en las mismas (Figura 4.37), o hay hundimiento de un área con respecto a otras adyacentes.

Esta deformación se produce cuando el vehículo colisiona contra el bordillo o la mediana a una velocidad elevada, o también cuando se produce una colisión con vuelco.

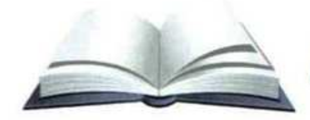


Figura 4.36. **Torsión**



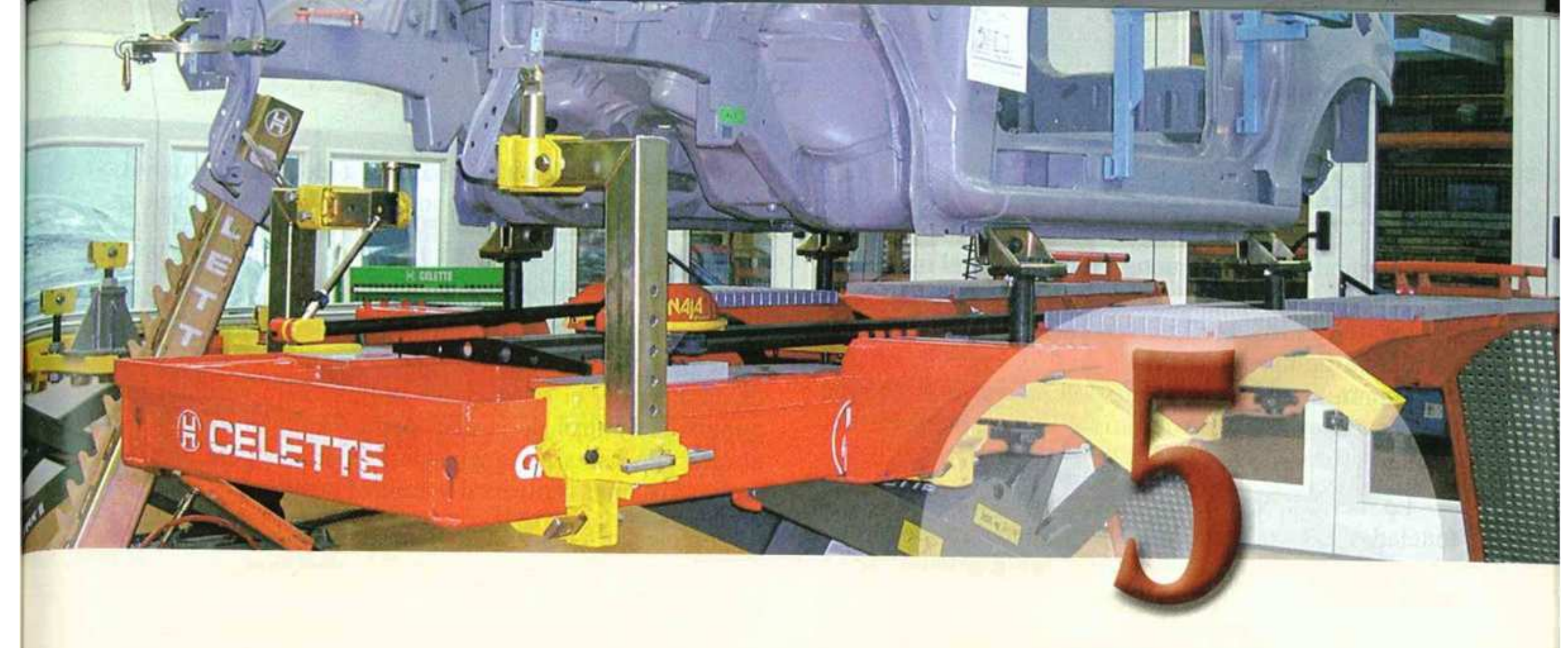
Autoevaluación

1. Explica la constitución interna de los metales sólidos.
2. ¿Qué es la plasticidad?
3. ¿Por qué se produce el endurecimiento del metal cuando forma un pliegue muy pronunciado?
4. ¿De qué factores depende la deformación en una colisión?
5. Nombra los efectos más frecuentes que se pueden presentar en un vehículo con bastidor que sufre una colisión.
6. ¿Qué es la deformación elástica?
7. ¿Qué tipo de fuerzas intervienen en una colisión?
8. ¿Cuándo se dice que el bastidor tiene una deformación en diamante?



Actividades propuestas

1. Describe paso a paso cómo se produce un accidente de dos vehículos que chocan frontalmente a gran velocidad, anota cómo se van deformando los elementos de cada vehículo según avanza la deformación.
2. Dibuja a mano alzada las diferentes deformaciones que se pueden producir en un vehículo con bastidor y carrocería.



5

Equipo de enderezado

Contenido

Objetivos

- Identificar los diferentes tipos de bancadas.
- Conocer los diferentes sistemas de tracción y anclaje.
- Conocer y seleccionar los diferentes accesorios en función del trabajo a realizar.

Introducción

Para no modificar la estructura molecular del material y, por lo tanto, sus características mecánicas (resistencia, dureza, tenacidad, etc.), la reparación estructural de la carrocería siempre se realizará en frío, es decir, sin aplicar ningún tipo de calor, siendo necesario utilizar grandes fuerzas en sentido contrario a las que provocaron la deformación en la colisión.

La fuerza aplicada, en ocasiones, llega a ser de varias toneladas, dependiendo de la deformación y de la zona afectada, para ello se necesita un equipamiento específico capaz de:

- Aplicarla en el punto adecuado, con la dirección correcta.
- Anclar correctamente la carrocería para no dañar otras zonas en el transcurso de la reparación.
- Tiene que permitir utilizar un equipo de medida para verificar la reparación.

Los equipos de enderezado que cumplen todas estas características son las bancadas; que son un conjunto de elementos y útiles (Figura 5.1) con los que se pueden diagnosticar y reparar las carrocerías de los vehículos cuando sufren una colisión que afecta a su estructura.



Figura 5.1. Equipo de enderezado estructural

Se pueden clasificar de distintas formas, aunque las más generalizadas se realizan en función del sistema de medida que utiliza por ser uno de los elementos de mayor importancia, pues la fiabilidad de la reparación depende, entre otros, de la precisión con que se tomen las medidas de cada cota y son:

- Bancadas universales.
- Bancadas de control positivo o de útiles.

Existen otros tipos de bancada como son: las minibancadas, las bancadas para motos o las bancadas para vehículos industriales.

Básicamente todas las bancadas tienen los mismos principios y sus diferencias se encuentran en la manera de aplicarlos y el sistema que utilizan para verificar los puntos de control de la carrocería. También existen en el mercado bancadas que están preparadas para utilizar ambos sistemas (universal y control positivo).

La elección del tipo de bancada vendrá determinada por distintos factores relacionados directamente con el taller de reparación, como:

- El volumen de trabajo.
- Los modelos de vehículos que suelen reparar.
- El espacio disponible en el taller.
- Presupuesto disponible para la adquisición de la bancada.
- Perfil profesional del carrocero/a.

Generalmente las bancadas están compuestas por:

- El banco de trabajo (bastidor).
- El sistema de anclaje.
- El equipo de tracción.
- Los accesorios.
- El equipo de medida.

5.1 El banco de trabajo

Se denomina con este nombre a la parte más rígida de la bancada. Es el encargado de sujetar el vehículo y todos los útiles necesarios para realizar correctamente los trabajos de reparación y comprobación. Existen dos tipos de bancos:

- De bastidor elevado del suelo.
- De bastidor anclado al suelo.

5.1.1. Bastidor elevado del suelo

Está compuesto por una estructura rectangular de vigas de acero en doble "T" o en "U", las más usuales, pero también las hay de sección cuadrada, soldadas entre sí, que le hace prácticamente indeformable. La parte supe-

rior suele estar totalmente mecanizada para obtener una superficie plana de referencia, sobre la que se basa la medición de la carrocería, bien porque sostiene al equipo de medida (bancadas universales), o bien porque sirve de soporte para los útiles de medida (bancadas de control positivo).

En los bordes tienen unos rieles o cremallera que sirven de anclaje a distintos dispositivos y accesorios de la bancada (pinzas de anclaje, ruedas, gatos, soportes, etc.).

Las bancadas de control positivo tienen practicados distintos orificios en la parte superior, donde se sujetan los útiles de comprobación y anclaje.

Este tipo de bastidor se puede encontrar en el mercado de distintas formas: fijos, móviles y sobre elevador.

- **Fijos**: el bastidor se encuentra elevado sobre el suelo (Figura 5.2) mediante unas vigas que hacen de patas y que se encuentran atornilladas al suelo. Este sistema se utilizaba mucho en los inicios de las bancadas, pero tiene el inconveniente que ha de realizarse obra para el anclaje y nivelado del suelo y permanentemente están ocupando un espacio fijo en el taller.



Figura 5.2. **Bancada fija**

Actualmente existen otros bastidores que también son fijos, pero requieren menos obras para su anclaje y nivelado, ya que tienen unas patas regulables para su correcto nivelado (Figura 5.3).

- **Móviles**: el bastidor se encuentra elevado sobre el suelo, pero apoyado sobre unas ruedas (Figura 5.4) que pueden soportar el peso de la carrocería y todo el equipamiento de enderezado.



Figura 5.3. **Bancada fija**



Figura 5.4. **Bancada móvil**

Todas las ruedas tienen incorporado un sistema de freno y bloqueo para evitar el movimiento del bastidor en el transcurso de la reparación y, dependiendo del modelo, las ruedas pueden estar fijas en las esquinas o desplazarse a lo largo de la bancada.

La ventaja respecto al sistema anterior es que la bancada se puede trasladar a cualquier espacio del taller y no requiere ninguna obra en su instalación.

- **Sobre elevador**: en este caso el bastidor se encuentra sobre un elevador, permitiendo al operario regular la altura de la carrocería a sus necesidades de trabajo.

Es un sistema que facilita el trabajo de la reparación, ya que, en muchas ocasiones, sobre todo cuando hay que trabajar en los largueros o en la parte inferior de la carrocería, las posturas del operario pueden ser incómodas y fatigosas. Regular la altura de trabajo significa una mejora importante, tanto en tiempo como en la salud y seguridad del operario.

Existen en el mercado distintos tipos de elevadores para bastidores: de tijera (pantógrafo) (Figura 5.5) y de columnas (Figura 5.6), siendo el sistema más extendido el de tijera.



Figura 5.5. Elevador de pantógrafo



Figura 5.6. Elevador de columnas

5.1.2. Bastidor anclado al suelo

Consiste en unos raíles que están empotrados en el suelo que hacen las veces de bastidor (Figura 5.7), donde se pueden acoplar y anclar a lo largo de los raíles los distintos útiles y accesorios necesarios para la reparación (soportes, anclajes, gatos, etc.).



Figura 5.7. Bastidor anclado al suelo

La ventaja principal que presenta esta bancada es que cuando no se utiliza, el espacio queda totalmente libre y se le puede dar otra utilidad. El inconveniente es que se requiere realizar obra para su instalación y, por otro lado, si se quiere cambiar su ubicación dentro del taller, los raíles no son recuperables.

Es un sistema de bancada que se utiliza mucho para la reparación de vehículos de grandes dimensiones (Figura 5.8).



Figura 5.8. Ejemplo de reparación de bastidor anclado al suelo

5.2 El sistema de anclaje

Es el conjunto de útiles y accesorios que se utilizan para fijar la carrocería al bastidor.

Todas las bancadas disponen de un sistema de anclaje para mantener la carrocería bien sujeta, al tiempo que se realizan los distintos trabajos de reparación (medición, tiros de tracción, diagnosis, etc.). El anclaje se realiza sujetando la carrocería en unos puntos concretos, previstos por el fabricante del vehículo con una serie de mecanismos que a su vez se sujetan al bastidor de la bancada (Figura 5.9).

Dependiendo del modelo de bancada, del modelo del vehículo y del punto de la carrocería a sujetar, se deberá utilizar el sistema de anclaje adecuado (Figuras 5.10, 5.11, 5.12 y 5.13), no obstante, existen unas mordazas universales de anclaje (Figura 5.14) que realizan el agarre en zonas resistentes, normalmente en las pestañas de los estribos.

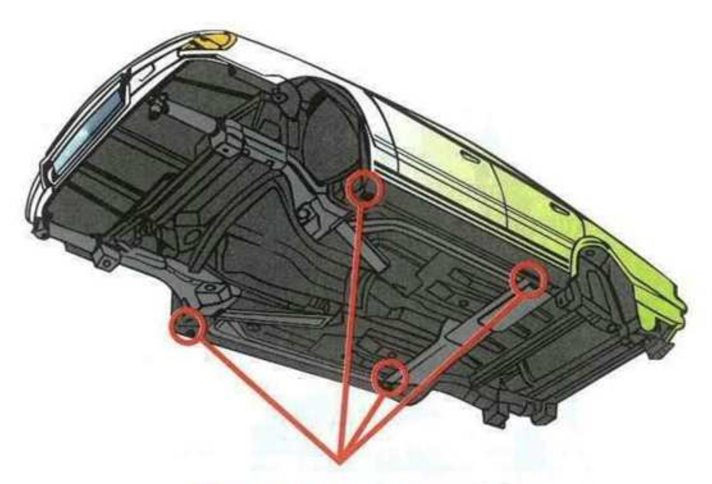


Figura 5.9. Puntos de anclaje



Figura 5.10. Sistema de anclaje



Figura 5.11. Sistema de anclaje



Figura 5.12. Sistema de anclaje

Todos los puntos de amarre, así como los útiles adecuados, vienen descritos en las fichas técnicas de las bancadas.

Un vehículo mal amarrado puede provocar una deformación de la carrocería en puntos distintos a los provocados por la colisión, incluso ser el causante de un accidente durante el proceso de trabajo, por lo tanto, nunca se deberá escatimar tiempo para realizar el correcto anclaje de la carrocería.



Figura 5.13. Sistema de anclaje



Figura 5.14. Mordazas universales

En el sistema de anclaje de las bancadas se incluyen unos útiles que sirven (Figuras 5.15 y 5.16) para inmovi-



Figura 5.15. Útiles de anclaje



Figura 5.16. **Útiles de anclaje**

lizar las piezas que se tengan que sustituir en el proceso de la reparación, mientras se realiza su unión definitiva mediante la soldadura o por el sistema prescrito por el fabricante del vehículo.

5.3 El equipo de tracción

Está compuesto por equipos que utilizan la fuerza hidráulica para realizar tiros de tracción o compresión, realizando esfuerzos en la misma dirección pero en sentido contrario a los que produjeron la deformación de la carrocería, con el fin de restablecer sus cotas originales.

Normalmente suelen ser gatos comandados por una bomba oleohidráulica o hidroneumática de gran potencia.

Se puede presentar accionando tres mecanismos distintos:

- Escuadras.
- Columnas.
- Tiros vectoriales.

5.3.1. Equipo de tracción con escuadra

También llamado "L", Caimán, Cobra y otra serie de denominaciones, según el fabricante de la bancada (Figura 5.17). Está compuesto por un cilindro hidráulico que es

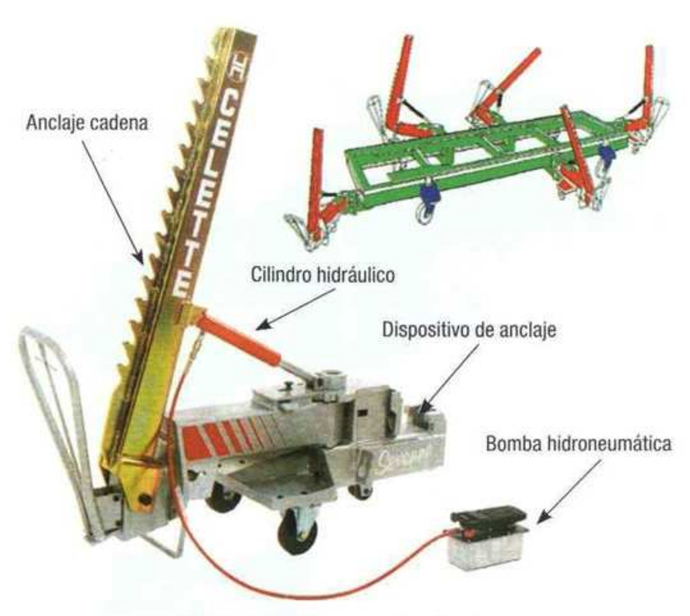


Figura 5.17. **Escuadra de tiro**

accionado con una bomba oleohidráulica o hidroneumática. Este cilindro une dos brazos que forman una escuadra y pueden bascular en su punto de unión. Cuando el cilindro es sometido a presión provoca que los extremos libres de los brazos se separen.

El brazo que está colocado horizontalmente lleva incorporado un sistema de anclaje a la bancada y el brazo vertical tiene distintos acoplamientos para poder sujetar la cadena de tiro, formando diferentes ángulos respecto al punto deformado de la carrocería. El punto de unión de ambos brazos puede girar para que la cadena pueda ser posicionada en la misma dirección que la fuerza que provocó la deformación.

El tiro que produce este equipo de tracción en muchas ocasiones ha de ser corregido en el transcurso del estiramiento, ya que la dirección de la fuerza va cambiando según se desplaza el punto deformado (Figura 5.18).

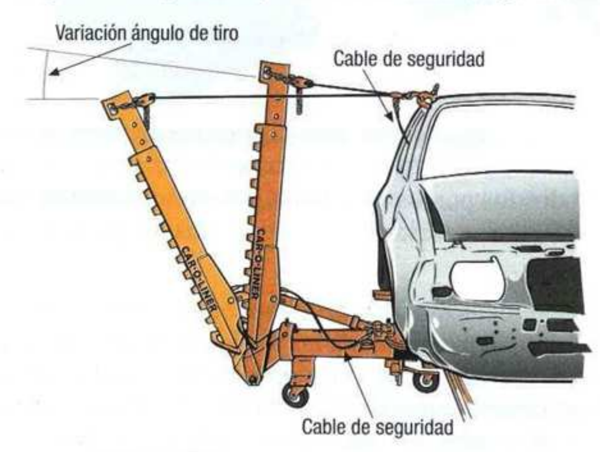


Figura 5.18. **Variación ángulo de tiro**

5.3.2. Equipo de tracción por columna

Igual que en los sistemas anteriores, también adoptan otras denominaciones como "torre de estiraje" (Figura 5.19).

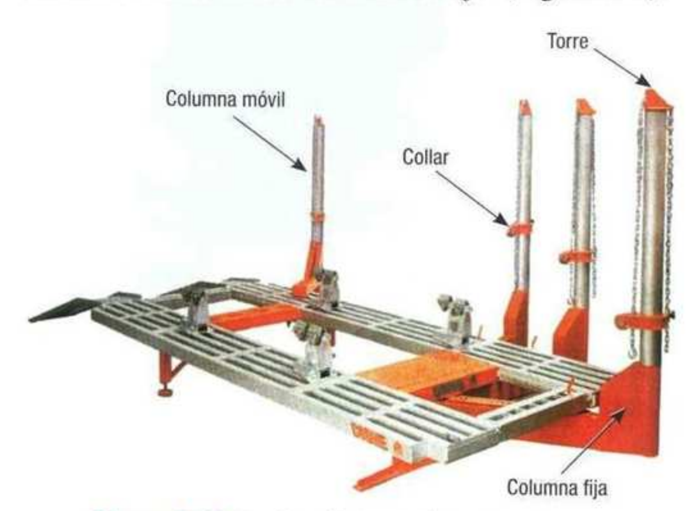


Figura 5.19. Equipo de tracción por columna

El equipo está compuesto por:

- Una bomba hidroneumática.
- Un cilindro hidráulico: instalado en el interior de la columna.
- La columna principal: dispone en su parte inferior de un sistema de anclaje para fijarse a la bancada, pudiendo estar anclada de forma fija (nunca se desmonta de la bancada) o por el contrario ser móviles, pudiéndose desmontar de la bancada.
- La torre que se desplaza por el interior de la columna, saliendo por la parte superior, donde tiene incorporada una polea.
- El collar: que es un sistema de regulación de la altura del tiro y se desplaza por el exterior de la columna hasta situarlo en el ángulo de tiro necesario, posición donde se bloquea y no tendrá movimiento mientras se realiza el estiramiento, en la parte posterior tiene un anclaje para sujetar la cadena de tiro.

El funcionamiento del equipo es muy simple, la cadena de tiro está fijada al collar, pasa por la torre y, de nuevo, atraviesa el collar por el lado opuesto en forma de polea, donde se ancla a la carrocería para tirar de un punto en concreto (Figura 5.20). Cuando la bomba hidroneumática transmite su presión al cilindro provoca el desplazamiento de la torre hacia arriba que, a su vez, tira de la cadena, pero como ésta tiene un extremo anclado en el collar (que no se puede mover), se produce el desplazamiento desde el otro extremo que está anclado a la carrocería, extrayendo la deformación. En algunos modelos, el extremo de la columna, en lugar de estar anclado al collar, se encuentra fijado a la torre, pero de esta manera se pierde fuerza de tiro.



Figura 5.20. Equipo de tracción

La principal característica de este equipo es que la dirección de tiro permanece constante en todo su desplazamiento, característica que le hace ser un equipamiento idóneo para determinados tiros (Figura 5.21).



Figura 5.21. Tiro constante, no hay variación de ángulo

5.3.3. Equipo de tracción por tiros vectoriales

Este equipo se basa en los sistemas de fuerzas angulares (Figura 5.22), donde se estudian detenidamente los puntos de anclaje de la cadena de tiro para que, aplicando una única fuerza en cada polígono formado, el punto deformado retorne a sus cotas originales.

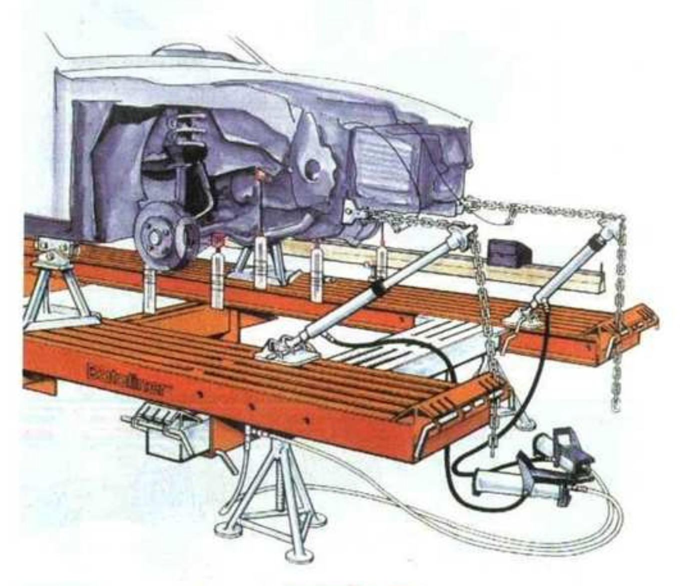


Figura 5.22

El equipo más simple de este método está compuesto por un gato hidráulico de expansión que suele incluirse como accesorio al equipamiento de las bancadas; de hecho, en los sistemas explicados anteriormente hay que recurrir a este sistema en determinadas deformaciones para provocar un tiro adicional.

También existen bancadas que están diseñadas especialmente para utilizar este equipo y vienen preparadas con soportes de apoyo para los gatos hidráulicos y amarres para las cadenas. Los gatos pueden ser actuados con una bomba manual o hidroneumática (Figura 5.23).

Para las bancadas que utilicen los sistemas explicados anteriormente, también existen unas escuadras vectoriales que tienen incorporados uno (Figura 5.24) o varios gatos, que se anclan a la bancada igual que los sistemas anteriores. La escuadra dispone de varios gatos que actúan conjuntamente; unos serán para tirar y otros para empujar (Figura 5.25).

El accionamiento de estos gatos suele realizarse mediante una bomba hidroneumática, en el caso de la escuadra que dispone de varios gatos, dispone además de una llave para enviar la presión al gato deseado (Figura 5.26).

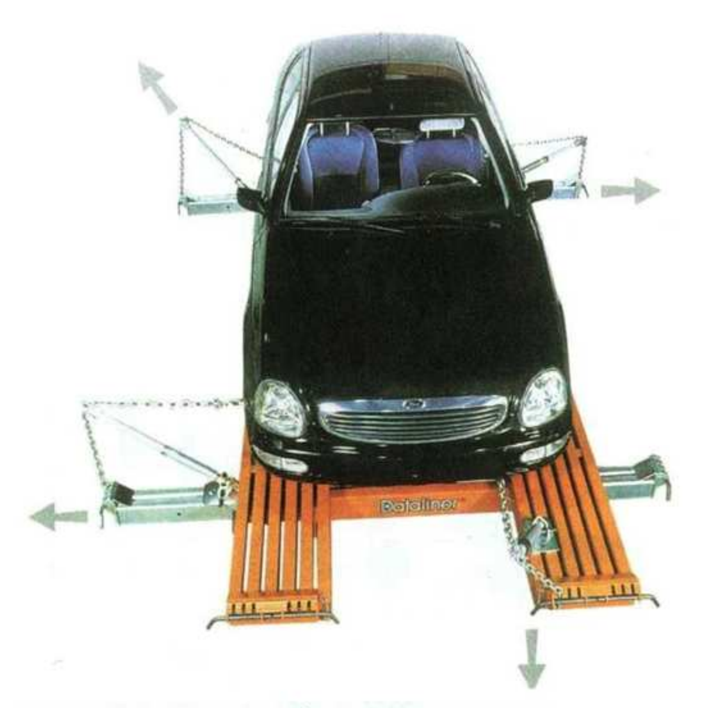


Figura 5.23



Figura 5.24

Figura 5.25



Figura 5.26

5.4 El equipo de medida

La medición en las reparaciones estructurales de la carrocería resulta fundamental para asegurar que las cotas de los puntos deformados una vez efectuada la reparación sean las indicadas por el fabricante del vehículo. Las cotas de la estructura de la carrocería están en estrecha relación con la geometría de la suspensión y de la dirección que, por otro lado, son sistemas que en los vehículos actuales tienen pocas posibilidades de ser manipulados para corregir variaciones, como ocurría en los vehículos antiguos, donde existía la posibilidad de corregir muchos de los ángulos de estos sistemas (avance, caída, altura, etc.). Una variación en las cotas de la estructura de la carrocería no corregida puede suponer una pérdida de seguridad y del correcto comportamiento dinámico del vehículo, además de producir vibraciones, ruidos o un desgaste excesivo en alguno de los mecanismos del vehículo.

Existen distintas formas de comprobar la reparación de la carrocería:

- Empleando útiles específicos para el control de cada punto de la carrocería seleccionado por cada fabricante de vehículos, siendo necesario disponer de útiles distintos para cada vehículo.
- Utilizando un sistema de medida universal que permite controlar los puntos de cualquier carrocería.
- Utilizando un sistema de medida basado en la comparación de los puntos simétricos de la carrocería.

El primer sistema se denomina de control positivo o de útiles (Figura 5.27), y está compuesto por una serie de calibres fijos para cada punto a comprobar, estos calibres están diseñados por el fabricante de la bancada a partir de las dimensiones proporcionadas por el fabricante de vehículos y de su propia investigación. Son fáciles de utilizar pero requiere poder disponer de un número de útiles muy amplio en caso de que sea un taller no marquista, aunque en la actualidad, y debido al gran número de modelos de vehículos, el proveedor de la bancada dispone de un sistema de alquiler de los útiles del taller. Este sistema también es conocido por el nombre MZ y ha tenido distintas evoluciones, la última el sistema (MZ+), que básicamente consiste en la separación del actual juego de fijación en dos partes: pistón y terminal (Figuras 5.27.A y 5.27.B). En otras palabras, de una pieza del juego de fijación que se tenía, se pasa a tener dos piezas. El objetivo ha sido reducir la pieza que difiere de modelo a modelo.

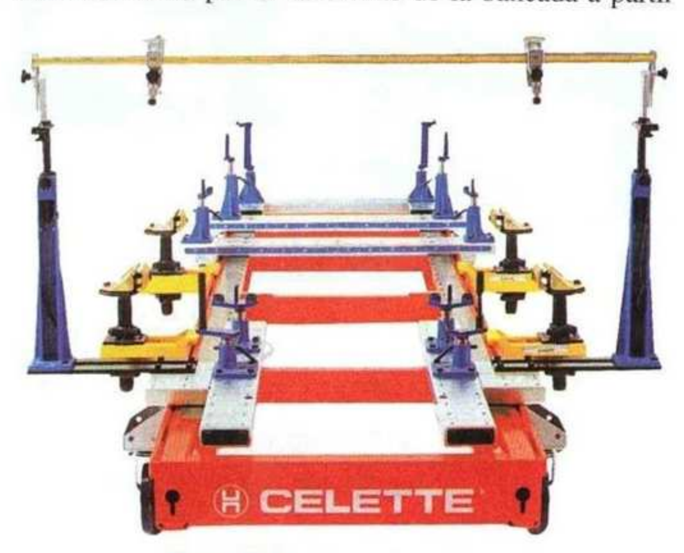


Figura 5.27. Control positivo



Figura 5.27.A. Ejemplo de control



Figura 5.27.B. Sistema MZ+

El segundo sistema se denomina de control universal o dimensional (Figura 5.28), en el mercado existen distintos equipos y útiles que realizan esta función, su característica principal es que puede medir por comparación o directamente cualquier punto de la carrocería de cualquier vehículo.

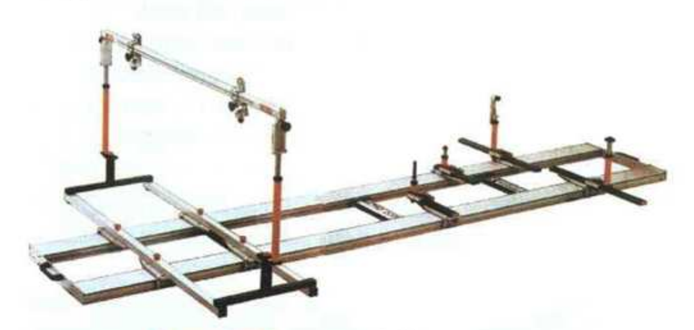


Figura 5.28. Control dimensional

En la actualidad, las bancadas de control positivo suelen venir preparadas para poder utilizar también los sistemas de medidas dimensionales.

El tercer sistema se basa en comprobar la estructura de la carrocería, comparando distancia entre los puntos simétricos, existiendo en el mercado distintos útiles para este fin.

Todos estos sistemas se desarrollan con mayor amplitud en el tema de diagnóstico de daños estructurales.

5.5 Los accesorios

Para realizar la reparación, además de los componentes explicados anteriormente, son necesarios otra serie de útiles, sin los cuales en algunos casos no sería posible la reparación, y en otros, para que pueda ser llevada a cabo de la forma más adecuada y en el menor tiempo posible. Los más utilizados se describen a continuación, no obstante, no son todos, ya que en determinados vehículos se requiere un utillaje específico.

5.5.1. Cadena

Es uno de los elementos indispensables en la reparación de la carrocería (Figura 5.29). Están fabricadas para soportar la fuerza de tracción de los gatos hidráulicos que se incluyen en el equipamiento de la bancada (son distintas a las que se suelen suministrar habitualmente en las ferreterías). En caso de necesitar otras cadenas, se deben pedir al fabricante de la bancada.



Figura 5.29. Cadena

En caso de rotura de un eslabón, éste no debe soldarse, pues se desconoce la fuerza de tracción que sería capaz de soportar y puede suponer un serio peligro.

Las características que definen a una cadena son: la longitud, la fuerza de tracción que es capaz de soportar, el diámetro de los eslabones y el sistema de anclaje que tiene en sus extremos.

5.5.2. Eslinga textil

Es una cadena de fibra textil capaz de soportar la fuerza de tracción de los gatos hidráulicos incluidos en el equipamiento de la bancada (Figura 5.30). Tiene la ventaja de ser más ancha que la cadena y no dejar marca en la chapa donde realiza el tiro. Este tipo de cadena se utiliza mucho en la industria para trasladar pesadas cargas o como sistema de seguridad de los operarios de la construcción.



Figura 5.30. Eslinga

5.5.3. Uniones de cadena

Es un útil que se utiliza cuando es necesario prolongar dos cadenas (Figura 5.31).



Figura 5.31. Uniones cadena

5.5.4. Mordazas

Es el útil encargado de anclar la cadena en la zona donde se desea realizar el tiro. Como las zonas donde se tienen que realizar los tiros pueden tener una geometría y conformación muy diferente, existe una gran gama de mordazas, con diferentes configuraciones. A continuación se exponen las más habituales:

Mordazas para realizar tiros rectos (Figura 5.32).




Figura 5.32

Acoplando un útil a las mordazas anteriores se pueden realizar tiros desde cualquier ángulo, aunque existen también mordazas que ya vienen preparadas para realizar este tipo de tiros (Figura 5.33).





Figura 5.33

Doble mordaza para realizar tiros laterales sin que se revire (Figura 5.34).




Figura 5.34

Mordazas autoblocantes; actúan de forma que al ejercer la tracción, se ajusta con más fuerza a la superficie de acoplamiento (Figura 5.35). Esto se consigue gracias a la forma cónica que tiene en el extremo opuesto, cuanto mayor es el tiro, el cono se desplaza haciendo bascular el extremo de sujeción.

Mordazas diseñadas para salvar pestañas y entrar en lugares estrechos de difícil acceso (Figura 5.36).




Figura 5.35

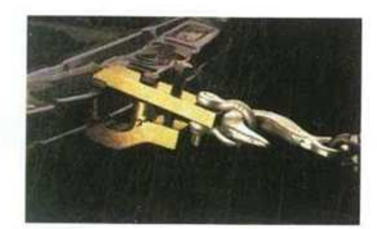



Figura 5.36

Mordazas finas, diseñadas para lugares estrechos, como pueden ser los largueros de la carrocería (Figura 5.37).

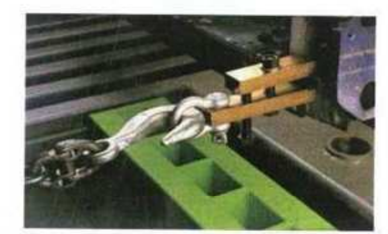



Figura 5.37

Mordazas para enderezar techos; cuyo punto de sujeción está preparado para fijarse al vierteaguas (Figura 5.38).



Figura 5.38. **Ejemplo sujeción para realizar tiro**

Mordazas diseñadas para efectuar tiros en distintas direcciones sin cambiar el anclaje de la mordaza (Figura 5.39).



Figura 5.39

Mordaza tipo tijera (Figura 5.40).



Figura 5.40

5.5.5. Cable de seguridad

Su función es limitar el desplazamiento de la cadena de tiro y las mordazas en caso de rotura o deslizamiento sobre la superficie de acoplamiento.

También se utiliza para limitar el desplazamiento del equipo de tracción en los casos anteriores (Figura 5.41).



Figura 5.41

5.5.6. Reenvío

Es un útil que se utiliza para cambiar la dirección del tiro (Figura 5.42).



Figura 5.42

5.5.7. Plataformas rodantes

Es un útil que se utiliza para trasladar vehículos que tienen las ruedas bloqueadas (Figura 5.43).





Figura 5.43

5.5.8. Cabrestante

Es un torno que tiene acoplado algunas bancadas para subir los vehículos a la plataforma. Al igual que el resto de los cabrestantes utilizados en la industria pueden ser manuales o eléctricos (Figura 5.44).



Figura 5.44



5.5.9. Pilar de apoyo

Se utiliza para poder elevar un punto de la carrocería cuando se encuentra en un elevador (Figura 5.45).



Figura 5.45. **Pilar de apoyo**

5.5.10. Placa de anclaje universal

Es una placa que dispone de múltiples orificios para que se pueda atornillar o fijar en distintas zonas de la carrocería y realizar tiros rectos (Figura 5.46).




Figura 5.46

5.5.11. Elevador móvil

Es un elevador portátil que se emplea para montar la carrocería en la bancada o poder realizar diagnósticos (Figura 5.47).



Figura 5.47

5.5.12. Caballetes con ruedas

Son unos soportes con ruedas que sirven para desplazar la carrocería a la zona de reparación. Dependiendo de su altura, también se utilizan para desmontar la mecánica (Figura 5.48).

5.5.13. Caballetes individuales

Son unos soportes que se emplean para mantener el vehículo elevado mientras se introduce la bancada y proceder a su amarre (Figura 5.49).



Figura 5.48. Caballete con ruedas





Figura 5.49. Caballetes individuales

5.5.14. Útil McPherson

Útil que se adapta a las torres de suspensión para efectuar tiros sin deformarlas (Figura 5.50).



Figura 5.50

5.5.15. Extensor mecánico

Son unos brazos extensibles que se utilizan para evitar la deformación de huecos de la carrocería cuando se realizan los tiros (Figura 5.51.A). Para esta operación también se pueden utilizar los gatos hidráulicos conectándoles unos agarres especiales en sus extremos (Figura 5.51.B).

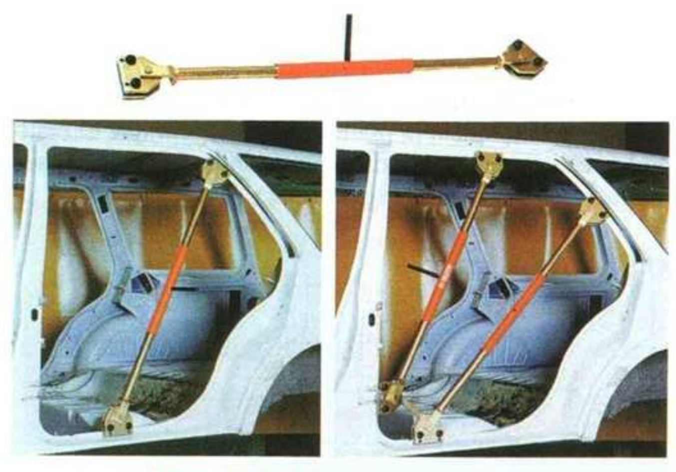


Figura 5.51.A. Extensor mecánico

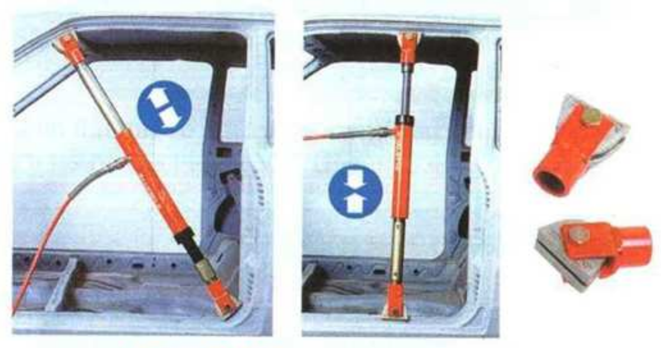


Figura 5.51.B. Extensor hidráulico

5.5.16. Gancho de tracción universal

Es un útil diseñado para realizar los primeros tiros en grandes daños (Figura 5.52).





Figura 5.52

5.5.17. Equipo hidráulico portátil

Está formado por gatos hidráulicos en cuyos extremos se pueden acoplar distintos adaptadores y extensiones para enderezar las zonas deformadas (Figura 5.53), pudiendo

usarse para comprimir, tensar o estirar la chapa en distintas posiciones y zonas como:

1. Separación de largueros.
2. Huecos de puertas.
3. Separación de los montantes centrales.
4. Aproximación de los montantes centrales.
5. Separación de guardabarros.
6. Restablecimiento de la diagonal del habitáculo.
7. Etc.

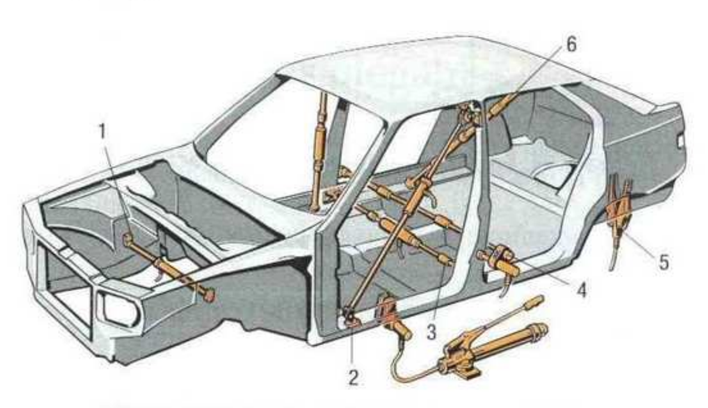


Figura 5.53. Equipos hidráulicos portátiles

El equipo está compuesto (Figura 5.54) por una bomba hidráulica manual y unos cilindros hidráulicos de distintas dimensiones que se conectan entre sí mediante una tubería flexible de alta presión, ya que este equipo puede suministrar una fuerza de tracción de hasta 10 toneladas. En los cilindros hidráulicos se pueden acoplar distintos soportes y extensiones, utilizando unos acoplamientos rápidos, que variarán en función del punto donde haya que aplicar la fuerza.



Figura 5.54. Elementos equipo hidráulico

5.6 Otros tipos de bancadas

Además de las descritas anteriormente, existe una gran variedad de bancadas, cada una con una característica determinada que le diferencia de las demás, pero sus principios de funcionamiento son iguales. A continuación se detallan algunas de ellas.

5.6.1. Bancadas para vehículos industriales

Son bancadas cuyos principios son similares a las que se utilizan para los turismos, salvo que sus estructuras son más robustas para poder realizar y soportar mayores esfuerzos. Al igual que en la reparación de los turismos, existen bancadas de bastidor, elevado del suelo (Figura 5.55) y de bastidor anclado al suelo (Figura 5.56). La elección del sistema a utilizar vendrá determinada, entre otras cosas, por la zona a reparar del vehículo (Figuras 5.57 y 5.58).



Figura 5.55. Bancada elevada vehículo industrial

En la Figura 5.59 aparece el equipamiento básico para la reparación de las cabinas de camión de carga pesada:

- Banco concebido para el enderezamiento de las cabinas.
- Juego de soportes universales.
- Gálibo específico para cada cabina.
- Torres de tracción.



Figura 5.56. Bancada anclada al suelo



Figura 5.57. Reparación travesaños



Figura 5.58. Reparación cabina



Figura 5.59. Equipamiento básico reparación cabina

- Mantenimiento de las estructuras traseras de la cabina.
- Mantenimiento del zócalo de la cabina.
- Estribos móviles.

5.6.2. Minibancadas

Son bancadas de reducido tamaño (Figura 5.60) que se utilizan para efectuar reparaciones rápidas en deformaciones que no hayan afectado de manera importante la estructura del vehículo (Figura 5.61). Básicamente consisten en un bastidor de reducido tamaño que está instalado sobre un pantógrafo y dispone de un juego de mordazas de sujeción. Los tiros se realizan normalmente con un gato hidráulico en forma de "L", aunque dependiendo del fabricante también puede estar equipado con un gato vectorial y sus accesorios de tiro.



Figura 5.60. Minibancada



Figura 5.61. Ejemplo reparación con minibancada

5.6.3. Bancadas plegables

En realidad no son bancadas especiales, ya que su funcionamiento es igual que las demás, aunque con la peculiaridad que, una vez realizado el trabajo, se pueden plegar para que ocupen menos espacio en el taller (Figura 5.62).



Figura 5.62

5.6.4. Conjunto de tracción simple

En determinadas ocasiones se producen golpes que no afectan a la estructura de la carrocería, pero en los que es necesario realizar diversos tiros para su reparación. Estos tiros se pueden realizar con las minibancadas, o también con este conjunto de tracción simple, compuesto por dos o cuatro caballetes que están unidos por una barra que sujeta las mordazas de sujeción. Sobre esta barra hace tope el gato hidráulico para realizar el tiro (Figura 5.63).

La principal ventaja que presenta este sistema es que su coste es reducido y no se requieren muchos accesorios. Por el contrario, los tiros (tal y como su nombre indica) han de ser simples y sólo debe utilizarse en deformaciones que **NO** hayan afectado a la estructura de la carrocería.



Figura 5.63

5.7 Mantenimiento de los equipos de tracción

El equipo de tracción y sus accesorios están sometidos a grandes cargas y esfuerzos, por lo que es importante realizar una inspección de forma periódica, reparando los posibles desperfectos o cambiando aquellos que no tengan reparación por exceso de desgaste o deformación.

Como norma, la inspección deberá realizarse siempre antes de utilizarse, revisando:

- **Los componentes hidráulicos:** Comprobar que el pistón del gato no está arañado ni tiene fugas.

  Comprobar que los pasadores de seguridad están correctos.

  Comprobar que las mangueras del circuito hidráulico no tienen fugas.

  Comprobar que las conexiones rápidas de las mangueras se conectan bien y no tienen fugas.

  Utilizar siempre el aceite recomendado por el fabricante.

- **Los componentes mecánicos:** Comprobar que todos los pernos y tornillos están apretados.

Comprobar que los pasadores de seguridad están correctos.

Comprobar que las cuñas de bloqueo no han sufrido daños, en caso de tener rebabas, esmerilarlas para evitar posibles accidentes.

En los equipos de tracción de columnas, engrasar al menos dos veces al año la torre y la columna.

Revisar las cadenas que no tengan eslabones estirados o doblados.

Como norma básica de mantenimiento y control es aconsejable que después de usar el equipo se limpie y se guarde ordenadamente.



Autoevaluación

1. Explica la diferencia entre los distintos tipos de equipos de tracción.
2. ¿Cuántos tipos de banco de trabajo existen? ¿cuáles son sus diferencias?
3. Detalla un mínimo de cuatro mordazas distintas y sus aplicaciones.
4. ¿Qué diferencia hay entre una bancada de vehículos industriales y otra de turismos?
5. ¿Qué es una plataforma rodante y para qué sirve?
6. Factores que determinan la elección del tipo de la bancada.
7. ¿Qué son los sistemas de anclaje?
8. ¿Qué misión tiene el cable de seguridad y dónde se coloca?
9. Mantenimiento de los elementos hidráulicos y mecánicos de los equipos de tracción.
10. ¿Qué son los sistemas de anclaje?



Actividades propuestas

1. Realiza una relación de las herramientas y útiles que tiene un taller relacionado con la reparación de los elementos estructurales de la carrocería.
2. Un vehículo ha sufrido una colisión, deformándose el larguero delantero derecho a la altura de la sujeción de la suspensión. ¿Puede repararse con el conjunto rápido de tracción? Razona la respuesta.



6 Diagnóstico de daños estructurales

Contenido

Objetivos

- Conocer los diferentes sistemas para diagnosticar y comprobar la estructura de la carrocería.
- Identificar los distintos sistemas de comprobación.
- Aprender a interpretar las fichas técnicas de la carrocería.
- Analizar los posibles desperfectos de una colisión realizando una inspección visual.
- Identificar las zonas fusibles diseñadas por el fabricante del vehículo.
- Establecer el método adecuado para comprobar las cotas de la carrocería.
- Localizar y comprobar los distintos puntos de control.

Introducción

Cuando un vehículo sufre una colisión es necesario en primer lugar diagnosticar las deformaciones que se han producido en la carrocería, detectando las zonas afectadas y evaluando los daños que se han producido. Esta primera parte de la reparación es, sin lugar a dudas, una de las operaciones más importantes y hay que dedicarle el tiempo que sea necesario. De ello van a depender las decisiones posteriores que hayan de realizarse en base a las siguientes consideraciones:

- ¿Resultó afectada la estructura del vehículo?
- ¿Se puede reparar esta deformación?
- ¿Qué elementos de la carrocería hay que sustituir?
- ¿Qué elementos se pueden conformar para que vuelvan a sus cotas originales?

Como respuesta a estas consideraciones, el carrocero podrá establecer un plan de trabajo utilizando el método y los medios más adecuados, respetando las indicaciones del fabricante del vehículo y las normas de seguridad e higiene. Todo con el objetivo de conseguir una reparación de calidad.

El proceso de diagnóstico de una colisión que ha afectado a la estructura del vehículo se ha de iniciar siempre obteniendo la información de las cotas de la carrocería, proporcionada por el fabricante de la bancada o útil de medida que se vaya a utilizar.

A partir de la localización de los datos de comprobación se podrá establecer la deformación producida por la colisión utilizando los medios de verificación que disponga el taller. Estos medios pueden ser simples (como comparar los puntos simétricos de la carrocería), o utilizar la tecnología actual más avanzada (sistemas informatizados).

Este capítulo comienza indicando la forma de interpretar las fichas de datos de diferentes fabricantes de carrocerías y bancadas, el procedimiento adecuado para realizar una inspección visual, como punto de partida del primer diagnóstico que se debe realizar en cualquier colisión para introducirse a continuación en los distintos sistemas que existen en la actualidad para comprobar la carrocería y los métodos más apropiados para su correcta utilización.

6.1 Las cotas de la carrocería

La carrocería del vehículo está diseñada mediante cotas que determinan con exactitud todos y cada uno de sus puntos basándose en una medición espacial, donde cada punto está definido por las coordenadas x, y, z (Figura 6.1).

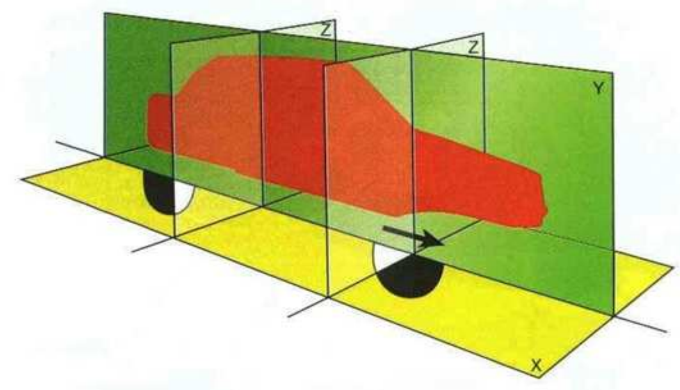


Figura 6.1. Coordenadas de la carrocería

La coordenada **x** representa la cota de anchura.

La coordenada **y** representa la cota de longitud.

La coordenada **z** representa la cota de vertical.

El conocimiento de estas cotas es indispensable para la comprobación y reparación de la carrocería. Los datos son proporcionados por:

- Los fabricantes de vehículos.
- Los fabricantes de útiles de medidas.
- Los fabricantes de bancadas.

Todas las informaciones son complementarias y se utilizará una u otra en función de:

- Los puntos a medir (distancia entre puntos, medidas tridimensionales, etc.).
- Los medios que se utilicen (compás de varas, sistema universal de medida, etc.).
- Lugar donde se encuentra el vehículo situado (elevador, bancada, sobre el suelo, etc.).
- La precisión de las medidas (sistema mecánico, por comparación, sistema informático, etc.).

La información de las cotas es específica para cada marca de vehículo y para cada modelo, inclusive, un mismo modelo puede presentar variaciones en sus cotas dependiendo de la fecha de fabricación.

Todas las cotas vienen acompañadas normalmente de su tolerancia dimensional.

Los fabricantes de vehículos, a través de sus manuales de reparación, informan de los puntos de control de la carrocería, las zonas fusibles y todos sus puntos dimensionales, tanto para una diagnosis visual, como para una comprobación con medición entre puntos (Figura 6.2).

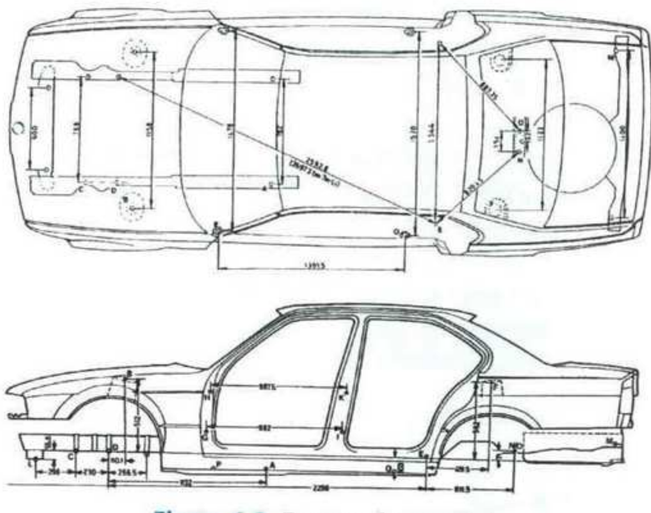


Figura 6.2. **Puntos de control**

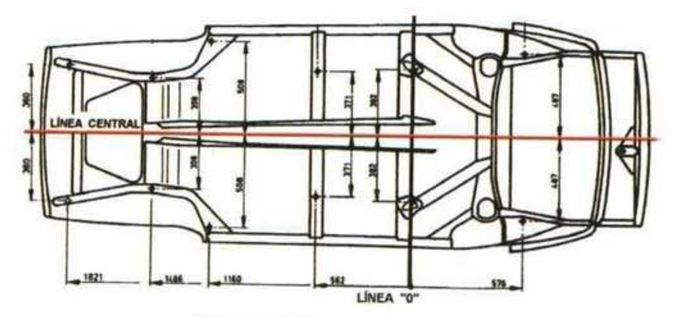


Figura 6.3. **Línea central**

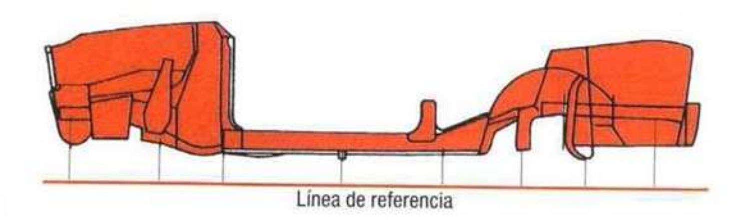


Figura 6.4. **Línea de referencia**

Sin embargo, algunas cotas proporcionadas por el fabricante del vehículo no se pueden emplear para la comprobación de la carrocería en la bancada, ya que los puntos de referencia para la reparación del vehículo montado en la bancada pueden variar, siendo necesario recurrir a cotas proporcionadas por el fabricante de la bancada que se establecen basándose en la información dada por el fabricante del vehículo y sus propias mediciones.

Las cotas se establecen partiendo de unas líneas principales de referencia que se utilizan para dimensionar el vehículo en su plano horizontal, transversal y vertical. Estas líneas principales son:

- Central.
- De referencia.
- Línea "0".

Línea central: es la línea que pasa longitudinalmente por el centro del vehículo, siendo también el eje de simetría. Entre otras dimensiones, a partir de esta línea se define: el ancho de vía, la distancia entre largueros y la distancia de los anclajes de la suspensión (Figura 6.3).

Línea "0" de la carrocería: es una línea perpendicular a la línea central que puede estar situada en diferentes posiciones a lo largo de este eje (Figura 6.3). A partir de esta línea se toma la referencia para las cotas de longitud. Algunos modelos de bancadas no emplean un punto "0", sino que informan de la distancia de longitud existente entre cada punto de control.

Línea de referencia: es una línea paralela al plano del vehículo en sentido vertical y a partir de la cual se obtienen todas las dimensiones verticales (Figura 6.4).

6.2 Las fichas técnicas o de datos

Basándose en estas tres líneas citadas anterirmente, cada fabricante de bancada o útil de medida ha desarrollado unas fichas técnicas o fichas de datos donde informan al operario de las cotas de comprobación, los útiles a utilizar y, en caso de ser necesario, la mejor forma de anclar la carrocería. La interpretación de estas fichas es sencilla, basándose principalmente en la interpretación gráfica de los dibujos que aparecen en la ficha y las dimensiones correspondientes. Estas dimensiones pueden variar ligeramente entre vehículos del mismo modelo, debido a las tolerancias de producción, en cualquier caso siempre se debe buscar la simetría de los puntos como referencia básica.

Independientemente de la procedencia de la ficha técnica, en primer lugar se ha de seleccionar la ficha adecuada para ese modelo. Esta operación se realiza de la siguiente forma:

1º Localizar la placa de identificación del vehículo para determinar el modelo (Figura 6.5).

Ejemplo BMW serie 3 de 1998, limusina 316, E46, 4 puertas.

2º En el índice de las hojas de datos (Figura 6.6), localizar la marca del vehículo "BMW página 7".

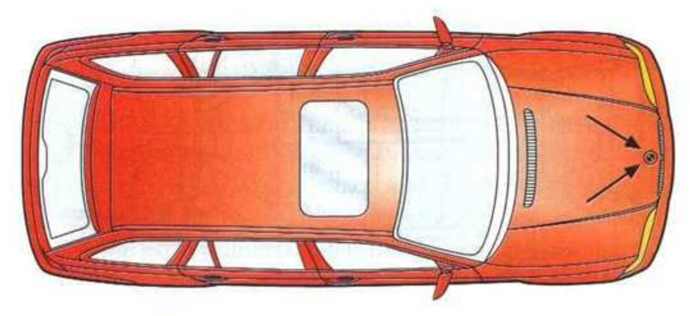
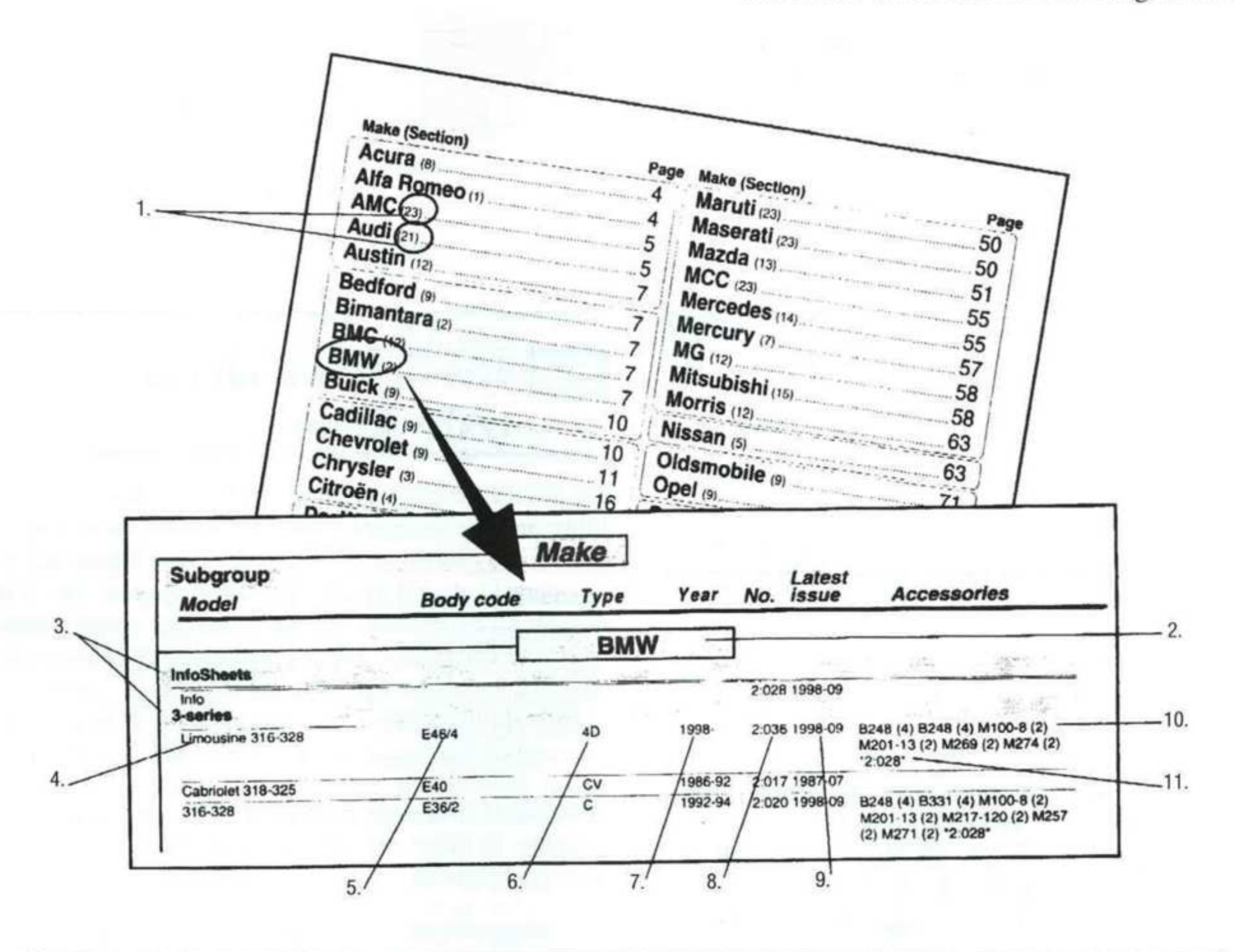


Figura 6.5. Placa de identificación

3º Acudir a la página indicada donde comienzan los modelos de este fabricante de vehículo y localizar el modelo "limusina 316, E46, 4 puertas".

4º Localizado el modelo, anotar el nº de la ficha técnica "2:036" y la fecha de la última actualización "el 09 de 1998", algunos fabricantes informan también en esta ficha si el modelo necesita algún accesorio de medida, mordazas especiales o cualquier otro útil. En caso de no encontrar el modelo buscado, consultar con el fabricante de la bancada. En ningún caso utili-



1. Prefijo de marca (índice).
2. Marca.
3. Subgrupos.
4. Modelo de coche y distancia entre ejes en mm.
5. Código de carrocería (en ocasiones distancia entre ejes).
6. Códigos. (Ver la última página del manual de hojas de datos o página 8 en este manual).
7. Año.
8. Número de hoja de datos.
9. Fecha de actualización.
10. Accesorios de medida y de cancada. Pueden variar dependiendo del mercado. (Por ejemplo, el kit B-73 en USA incluye accesorios adicionales).
11. Número de hoja de información.

Figura 6.6. Hoja de datos

zar otra ficha similar sin tener la certeza que es la correcta.

A continuación se desarrolla a modo de ejemplo la interpretación de tres fichas técnicas de distintos fabricantes.

6.2.1. Fichas Car-O-Liner

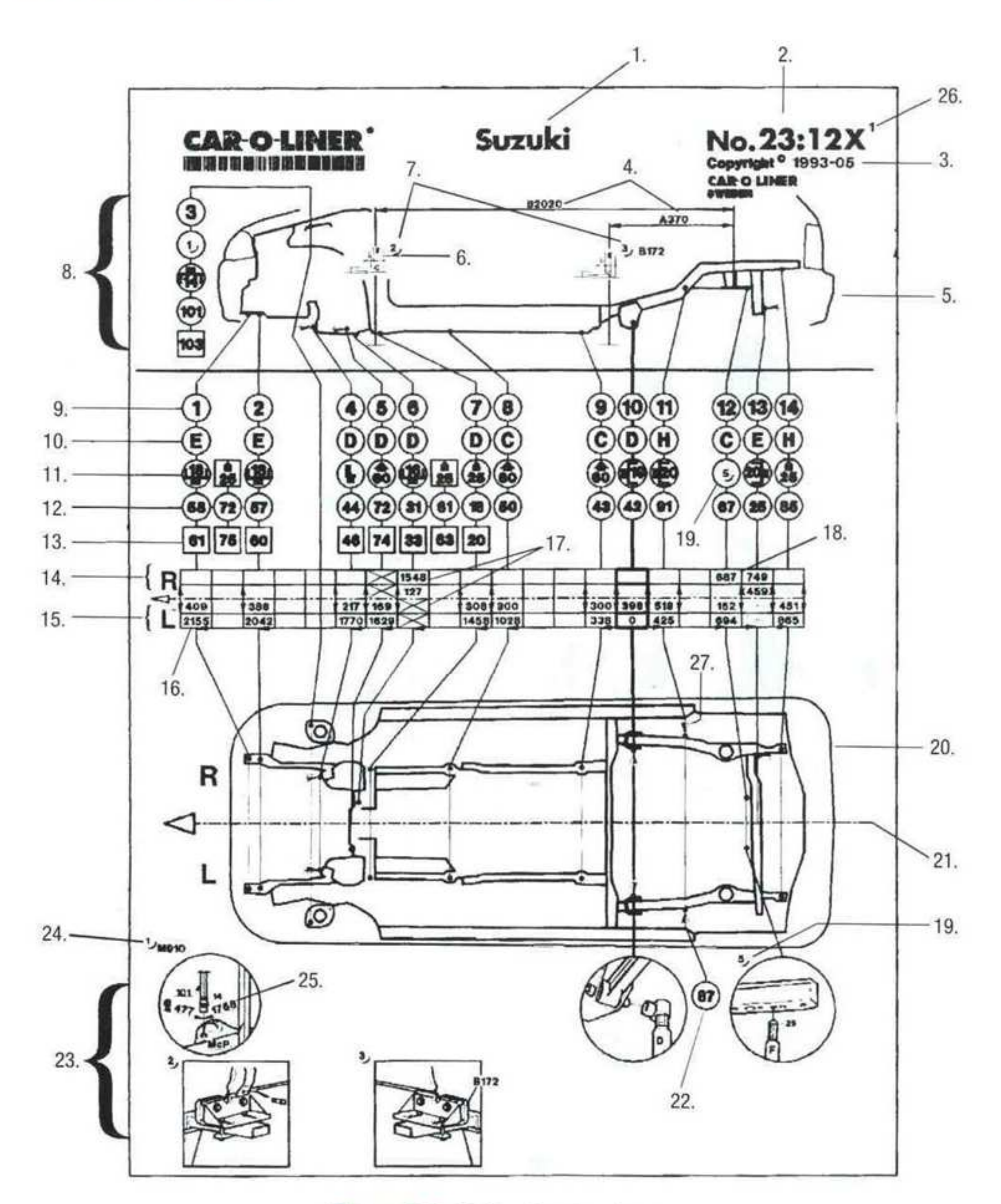


Figura 6.7. Ficha Car-O-Liner

1. Marca del vehículo.
2. Número de la ficha.
3. Fecha de actualización de la ficha.
4. Distancia de las mordazas al centro del eje trasero.
5. Vista lateral, parte izquierda del vehículo.
6. Posición de las mordazas de anclaje.
7. Utilizar mordazas especiales, R = derecha, L = izquierda, ver dibujos explicativos "2 y 3".
8. Puntos de medidas, controlados desde arriba con el sistema de medida de puntos superiores M-910.

9. Numeración de los puntos de medidas; los puntos de medida o de control son los puntos de referencia que el fabricante de la bancada o útil de medición ha considerado conveniente por su localización o posición para informar de las tres cotas que los definen. Pueden ser orificios, tornillos, pestañas, etc.

10. Tubo de altura (Figura 6.8): son unos tubos de extensión de distintas longitudes sobre los que se desplazan unas escalas deslizantes graduadas en milímetros para la medición de altura. Están clasificados por distintas letras B, C, D, etc.

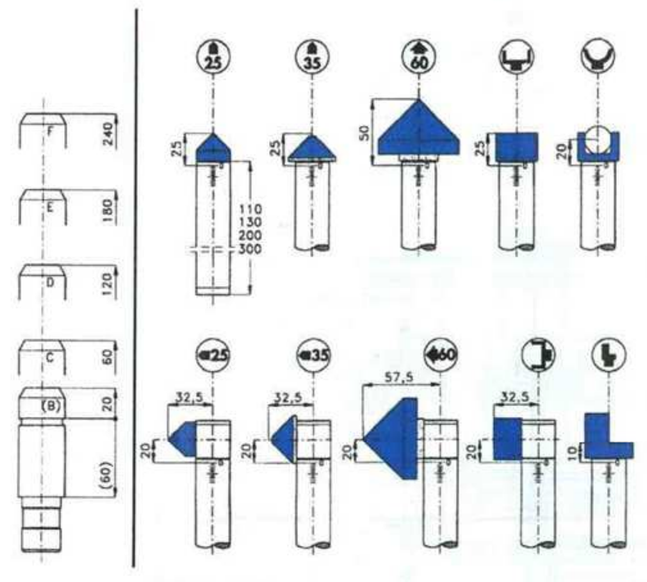


Figura 6.8. Tubos de altura

11. Tipo de adaptador: son adaptadores de medición, preparados para tomar las medidas en los puntos indicados en la ficha (Figura 6.9). Si se encuentra en el interior de un cuadrado, indica que hay que realizar la comprobación con la mecánica desmontada, y si se encuentra en el interior de un círculo es para realizar la comprobación con la mecánica montada. El extremo de cada adaptador está diseñado para unos puntos determinados.

12. Dimensiones de altura: es la cota de altura que debe medir ese punto con la mecánica montada. La cota se lee directamente en la escala graduada.

13. Dimensiones de altura sin motor: es la cota de altura que debe medir ese punto con la mecánica desmontada.

14. Longitud y anchura de la parte derecha del vehículo: indica la cota de longitud y anchura del lado derecho, siempre que ese punto no sea simétrico respecto al lado izquierdo. La casilla superior indica la cota de longitud y la segunda casilla indica la cota de anchura.

15. Longitud y anchura de la parte izquierda del vehículo: indica la cota de longitud y anchura del lado izquierdo, siempre que ese punto sea simétrico respecto al lado derecho. La casilla inferior indica la cota de longitud y la segunda casilla indica la cota de anchura.

16. Igual medida para la parte izquierda y derecha: siempre que en las casillas inferiores (lado izquierdo) aparezcan cotas y en las casillas superiores (lado derecho) no tengan cotas, significa que la cota reflejada es para ambos lados.

17. Punto que sólo existe en la parte derecha: cuando en las casillas superiores (lado derecho) aparezcan cotas y en las casillas inferiores (lado izquierdo) tengan unas cruces, significa que esa medida es exclusivamente para el lado derecho.

18. Longitudes diferentes pero igual anchura: cuando en la casilla superior aparece una cota reflejada y en la siguiente casilla no aparezca ninguna cota, indica que ese punto tiene la misma medida de anchura que el lado izquierdo, pero es de diferente medida de longitud.

19. Ver el dibujo explicativo: algunos puntos de medidas tienen anotado un número que se corresponde con un dibujo aclaratorio.

20. Vehículo visto desde arriba.

21. Línea central del vehículo.

22. Dimensiones de altura del lado izquierdo no simétrica.

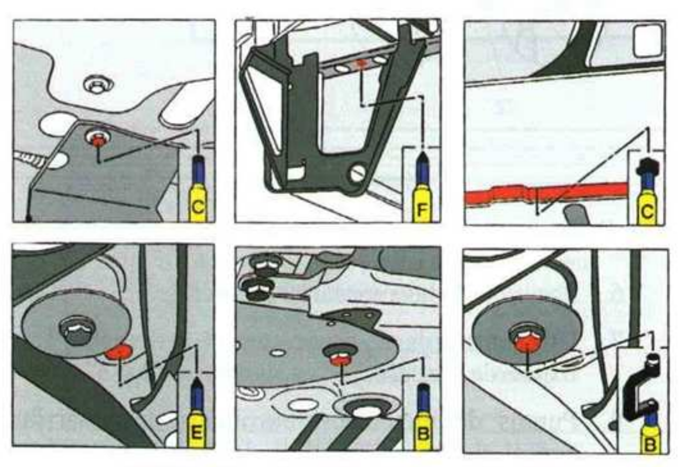


Figura 6.9. Adaptadores de medición

23. Dibujos explicativos para puntos de medidas: si están dentro de un círculo (◯) es con la mecánica montada, y si está dentro de un cuadrado (□) es con la mecánica desmontada.
24. Dimensiones para el sistema de medida de puntos superiores M-910: indica que esta cota debe utilizarse siempre que se utilice el útil M-910 para tomar medidas en la parte superior. Estas son las cotas de ese punto.
25. Medida longitud con el útil M-910 para puntos superiores.
26. Número de página.
27. Dirección de la medición (si no es desde abajo).

6.2.2. Fichas Celette

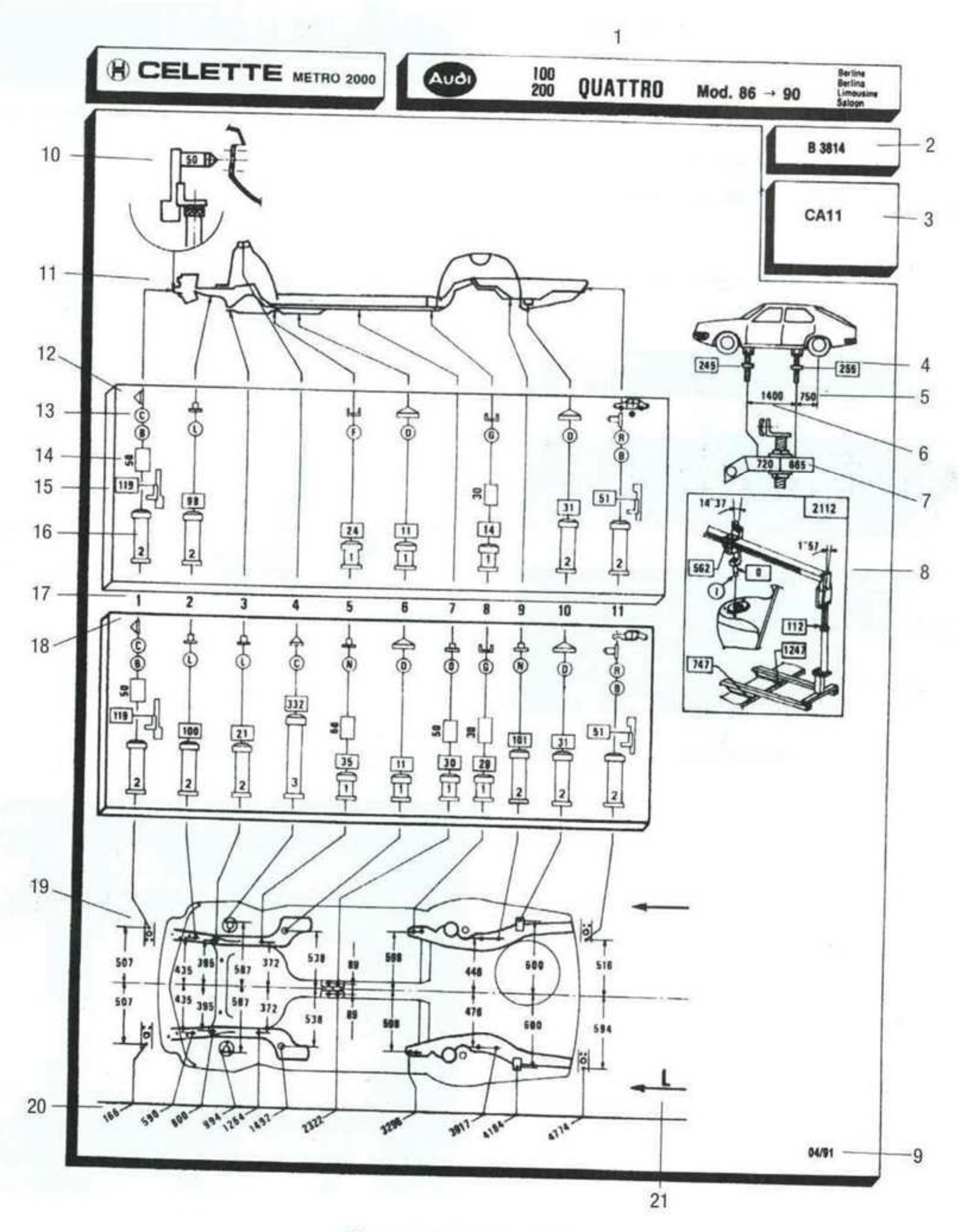


Figura 6.10. Ficha Celette

1. Marca y modelo de vehículo.
2. Número de ficha.
3. Accesorios.
4. Cota de altura de las mordazas de anclaje traseras.
5. Cota de longitud de las mordazas de anclaje partiendo del centro del eje trasero.
6. Cota de longitud entre las mordazas de anclaje.
7. Cota de anchura de las mordazas de anclaje.
8. Cota de las torres de suspensión.
9. Fecha de actualización de la ficha.
10. Dibujo explicativo de un punto de control.
11. Vista lateral izquierda de la carrocería.
12. Útiles y puntos de control de la carrocería con la mecánica montada.
13. Terminales específicos para cada punto de control. Están clasificados por letras (Figura 6.11).

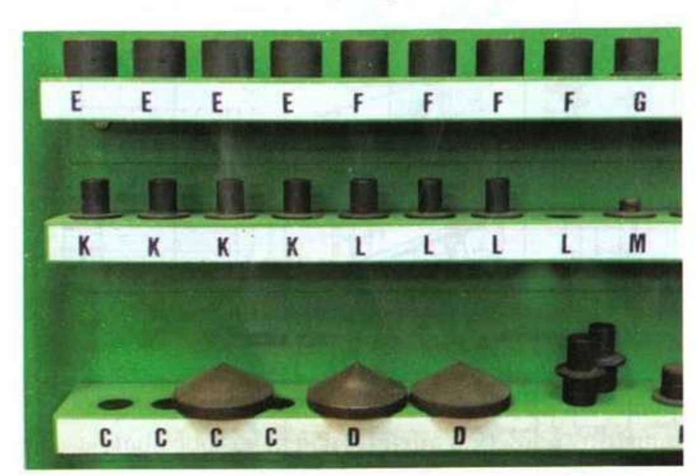


Figura 6.11. Terminales específicos

14. Distanciales específicos para cada punto de control.

    Están clasificados por números que normalmente se corresponden con su medida de extensión (Figura 6.12).
15. Cota de altura de cada punto de control con los útiles indicados.
16. Torres específicas para cada punto de control. Están clasificadas por números (Figura 6.13).

    Para el control de las cotas de cada punto no siempre es necesario montar distanciales, en muchas ocasiones sólo con los terminales y las torres se pueden controlar las cotas de ese punto.

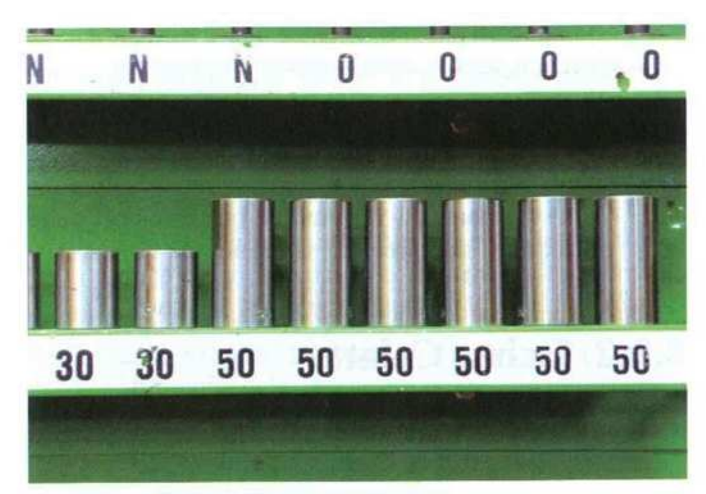


Figura 6.12. Distanciales específicos

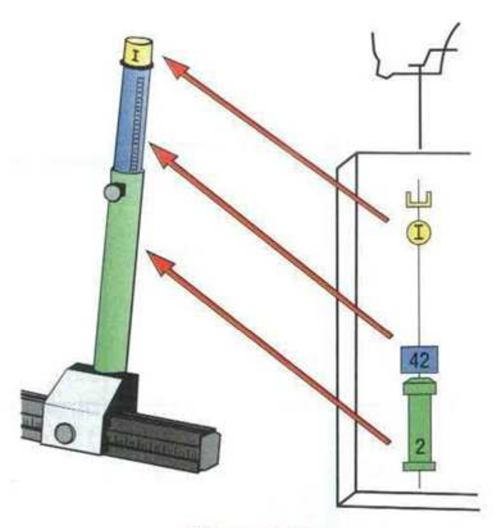


Figura 6.13

En estos casos, los distanciales no estan reflejados en la ficha (Figura 6.14).



Figura 6.14. Distanciales específicos

17. Identificación de los puntos a controlar (Figuras 6.15, 6.16, 6.17).
18. Útiles y puntos de control de la carrocería con la mecánica desmontada.
19. Carrocería vista desde arriba (planta) con las cotas de anchura entre los puntos de control.
20. Cotas de longitud de cada punto de control.
21. Lado izquierdo de la carrocería.



Figura 6.15



Figura 6.16



Figura 6.17

Ejemplos de puntos a controlar con sus útiles específicos

6.2.3. Ficha de Spanesi

Figura 6.18. **Ficha de Spanesi**

1. Marca y modelo de vehículo.
2. Ficha para la reparación delantera del vehículo.
3. Esta ficha se compone de dos páginas, siendo ésta la primera.
4. Control de la suspensión Mac Pherson.
5. Cotas de control de la torre de suspensión Mac Pherson.
6. Puntos de referencia para el punto de control nº 9.
7. Identificación de la torre para comprobar ese punto.
8. Cota de altura.
9. Grados que se debe girar el útil horizontalmente para posicionarlo correctamente.
10. Retirar brazo.
11. Identificación del punto de control con la mecánica montada.
12. Tipo de ensamblaje.
13. Dibujo explicativo de un ensamblaje.
14. Dimensión de las arandelas de ensamblaje.
15. Dimensión de los casquillos de ensamblaje.
16. Tipo de ensamblaje.
17. Grados que se debe girar el útil verticalmente para posicionarlo correctamente.
18. Identificación del punto de control con la mecánica desmontada.
19. Identificación del cabezal de la torre.
20. Cota de anchura.
21. Dirección de la carrocería.
22. Fecha de actualización de la ficha.
23. Número de la ficha.
24. Clasificación de las modificaciones.
25. Cota de longitud. Esta cota puede venir indicada para banco de trabajo de 5 metros.

6.3 Análisis visual de una colisión

Cuando un vehículo ha sufrido una colisión es preciso realizar un diagnóstico previo para analizar qué tipo de deformación se ha producido. El primer diagnóstico que se debe realizar consiste en una inspección visual de todo el vehículo, no sólo de la zona que ha sufrido el impacto, también es conveniente revisar detenidamente (en función del tamaño de la colisión) el resto del vehículo; ya que la fuerza recibida por una colisión se transmite con facilidad por las zonas más resistentes de la carrocería, afectando al final a los elementos más débiles que pueden encontrarse en otras zonas del vehículo (Figura 6.19). Prueba evidente de ello son los vehículos antiguos, que tenían unos largueros casi indeformables, donde la deformación se producía cuando el larguero cambiaba de dirección, o en los puntos más débiles que, a veces, ya se encontraban dentro del habitáculo de la carrocería.

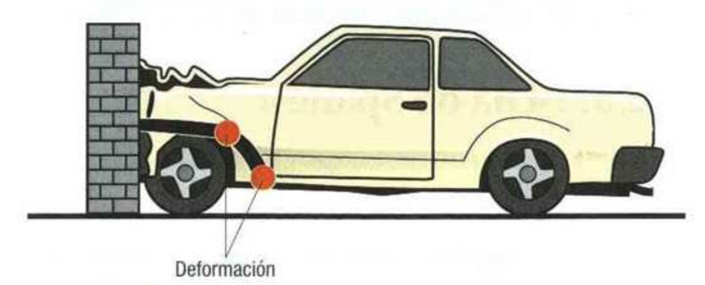


Figura 6.19. Ejemplo de deformación

En la actualidad ya no es así, pero dependiendo de la dirección y del punto de la colisión pueden aparecer deformaciones en otras zonas del vehículo.

Mediante un análisis visual se pueden sacar conclusiones de los daños que ha ocasionado la colisión, utilizando esa información para establecer el método de trabajo a seguir para su total diagnóstico (Figura 6.20).



Figura 6.20. Análisis visual

La inspección visual comenzará alejándose un poco del vehículo, dando una vuelta a su alrededor, fijándose en el estado general de la carrocería y deduciendo cómo se produjo la colisión y las zonas afectadas. Observe al contra luz los bordes de las aletas, las posibles aguas del techo y del capó, así como las zonas donde se encuentre la pintura saltada. Compare el plano del suelo con los

bajos de la carrocería y determine si existe un posible retorcimiento. Para confirmar esta observación fíjese en la distancia existente entre el hueco de la aleta con la rueda y compárela con el hueco del otro lado.

A continuación, situarse más cerca del vehículo para observar y medir las distintas holguras y los desniveles existentes entre los elementos de la carrocería (Figura 6.21) como capó, puertas, pilares, aletas, portón, etc., comparándolas con las cotas del manual de reparación del vehículo.

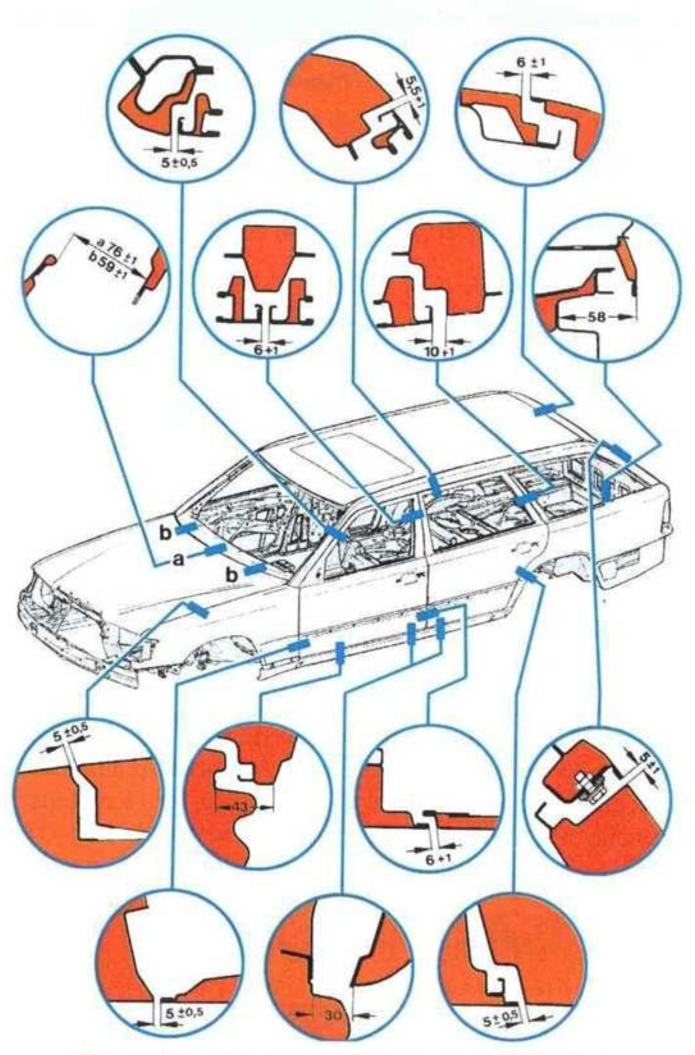


Figura 6.21. Control de holguras y desniveles especificado por el fabricante

Las puertas están sujetas por las bisagras que, a su vez, están ancladas en los pilares de forma que, en caso de deformación, las luces entre la puerta y los elementos que les rodean variarán. Abra y cierre la puerta observando su desplazamiento y que se ajusta correctamente, o cerciórese de que efectivamente existe variación de las luces.

Observe de igual forma las luces del capó y del portón trasero, abriéndolo y cerrándolo para comprobar que funciona correctamente.

Abra el capó y consulte en el manual de reparación los puntos de deformación precalculados (Figura 6.22), que son los primeros en deformarse durante un accidente. Si surgen dudas, pase la mano por la zona y confirme si existen pliegues o abolladuras.

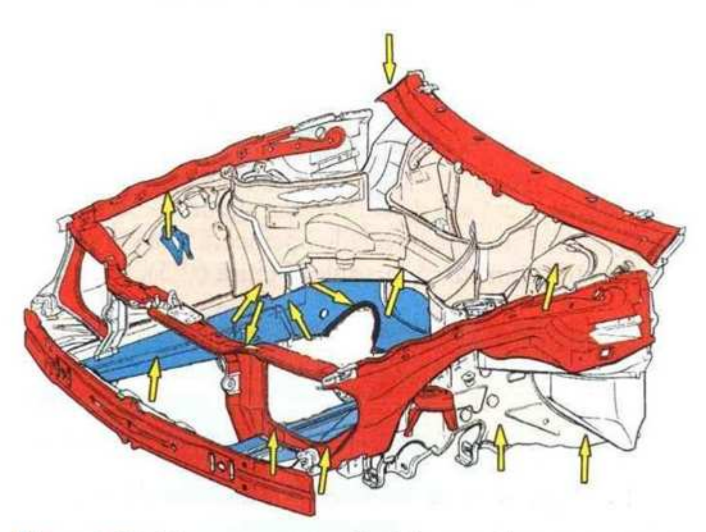


Figura 6.22. Observar puntos de deformación programados

Hay que tener en cuenta que en una colisión se pueden producir daños indirectos como consecuencia de la inercia de los objetos pesados que están anclados sobre monturas de gomas. Cuando se produce una colisión, el motor, la caja de cambios y los elementos más pesados se desplazan en sentido contrario a la fuerza que provoca el golpe, pudiendo deformar los soportes de anclaje o golpear la zona adyacente. Revise con detenimiento estas zonas.

Abrir el portón y observar si se han producido daños ocasionados por el equipaje que, al igual que en el caso anterior, se haya desplazado por efecto de la colisión, golpeando las paredes del maletero (Figura 6.23). Si la colisión ha sido muy fuerte, también se pueden producir deformaciones como consecuencia de la propia inercia del vehículo, que tiende a mantener la posición que tenía antes de producirse la colisión. Observe las juntas de



Figura 6.23. Revisar el maletero

unión entre elementos. Si los selladores se encuentran agrietados es síntoma de una posible deformación o tensión acumulada.

Si la colisión ha sido muy fuerte no olvide revisar el habitáculo, los propios pasajeros han podido provocar daños en los asientos, el tablero de instrumentos o el volante.

Comprobar que el cinturón de seguridad funciona correctamente y, si es un vehículo con pretensor pirotécnico, asegurarse de que su mecanismo se encuentra correctamente, o, por el contrario, que ha saltado.

Elevar el vehículo y revisar los puntos de deformación precalculados (Figura 6.24). Pase la mano por los largueros y observe si existen abolladuras o pliegues. Siempre es más fácil detectar estos síntomas en la zona cóncava, ya que en el otro lado aparecerá una curva más suave y difícilmente observable (Figura 6.25).

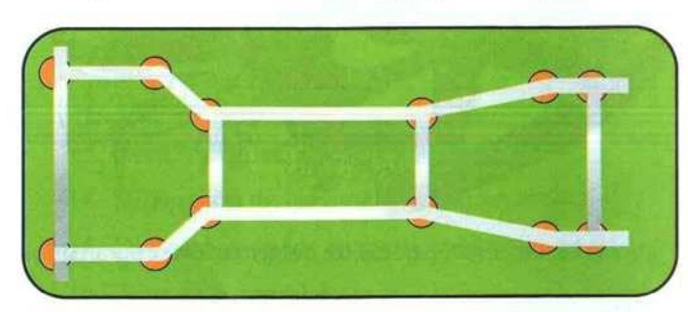


Figura 6.24. Observar puntos deformación en largueros y travesaño

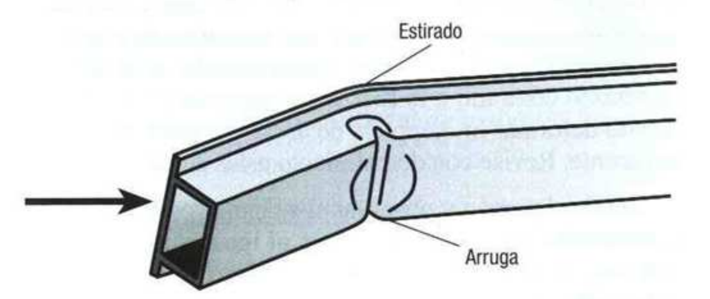


Figura 6.25.A. Deformación de un larguero

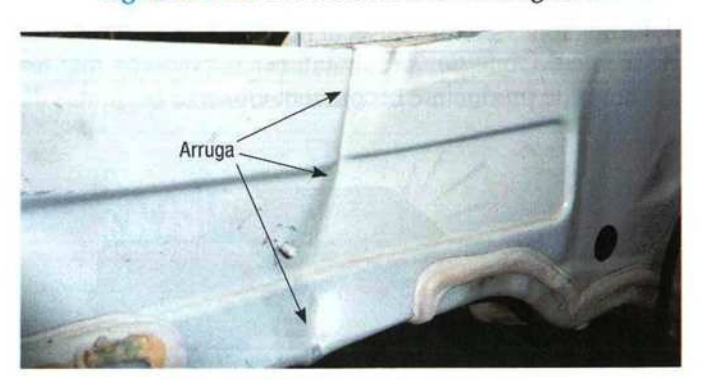


Figura 6.25.B. Ejemplo de arruga

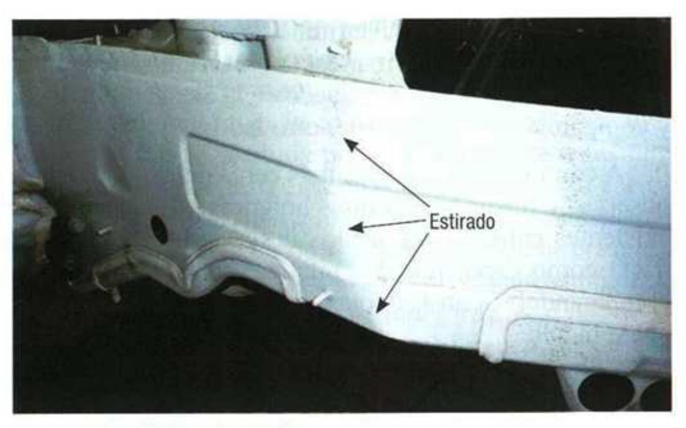


Figura 6.25.C. Ejemplo de estirado

Si se observa deformación en los largueros o en la plataforma, baje el vehículo y retire las alfombras del habitáculo y del maletero para realizar una inspección visual de esta zona en la que sí puede ocultar daños (Figura 6.26).

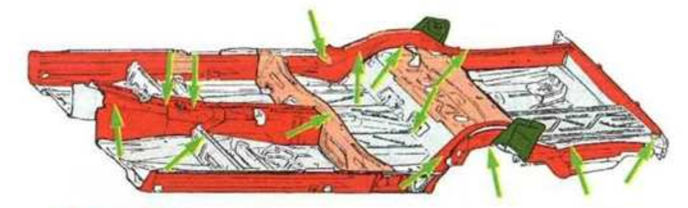


Figura 6.26. Inspección visual de las zonas ocultas

Realizada esta inspección visual, se estará en condiciones de determinar la magnitud del daño producido en la colisión, pasando a realizar las mediciones necesarias para establecer un diagnóstico preciso.

A continuación se analizan, a modo de ejemplo, unas colisiones de intensidad fuerte, describiendo sólo las zonas dañadas de la carrocería y las comprobaciones a realizar además de la inspección visual (no se detallan los elementos o mecanismos mecánicos/eléctricos afectados en la colisión).

6.3.1. Colisión frontal central

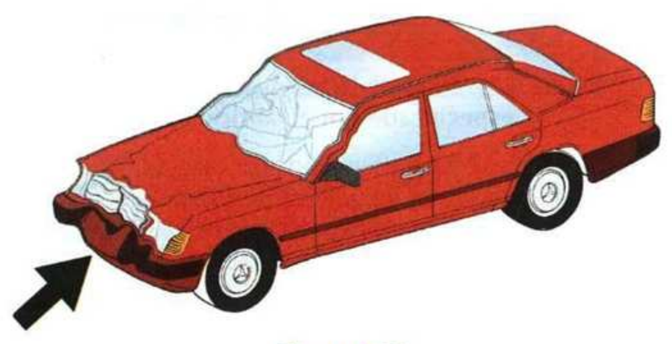


Figura 6.27

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero	Revestimiento inferior del parabrisas	Alineación del bastidor
Aletas delanteras	Montantes delanteros del techo	Cotas del habitáculo
Pase de ruedas delantero	Techo	Cotas del marco de las puertas
Travesaño delantero	Montantes puertas delanteras	Cotas del marco del parabrisas
Largueros del bastidor inferior	Montantes puertas posteriores	Cotas del compartimento del motor
Soporte de la suspensión	Salpicadero	
Capó motor	Bajos de la parte delantera	

6.3.2. Colisión frontal izquierdo



Figura 6.28

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero	Aleta delantera derecha	Alineación del bastidor
Aleta delantera izquierda	Montante delantero izquierdo del techo	Cotas del habitáculo
Pase de rueda izquierdo	Techo	Cotas del marco de las puertas
Travesaño delantero	Montante puerta delantera izquierda	Cotas del marco del parabrisas
Larguero inferior izquierdo	Larguero inferior derecho	Cotas del compartimento del motor
Capó del motor	Montante central del techo	

6.3.3. Colisión lateral

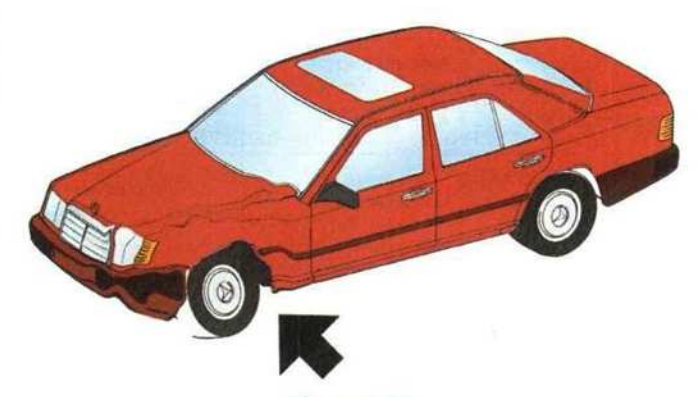


Figura 6.29

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero	Aleta delantera derecha	Alineación del bastidor
Aleta delantera izquierda	Larguero delantero derecho	Cotas del habitáculo
Pase de ruedas izquierdo	Montante derecho del techo	Cotas del marco de las puertas
Larguero delantero izquierdo	Montante puerta izquierda	Cotas del marco del parabrisas
Travesaño delantero	Salpicadero	Cotas del compartimento del motor

6.3.4. Colisión lateral a la altura del montante de la puerta delantera



Figura 6.30

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Travesaño delantero	Túnel del piso	Alineación del bastidor
Larguero derecho	Aleta derecha	Cotas del marco de las puertas
Revestimiento del bastidor inferior del parabrisas	Larguero derecho	Cotas del marco del parabrisas
Revestimiento de los bajos de la puerta izquierda	Montante puerta derecha	Cotas del compartimento del motor
Aleta izquierda	Montante del techo	
Pase de rueda izquierdo		
Puerta izquierda		
Salpicadero		
Piso		
Montante de la puerta izquierda		

6.3.5. Colisión posterior central



Figura 6.31

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques trasero	Montantes del techo	Alineación del bastidor
Revestimiento travesaño trasero	Pases de ruedas	Cotas del habitáculo
Largueros posteriores	Travesaño trasero	Cotas del marco de las puertas traseras
Piso		Cotas del marco de la luna trasera
Aletas traseras		Cotas del habitáculo

6.4 Compás de varas

El compás de varas, también denominado regla graduada, es un útil de medida que se utiliza para una medición rápida y aproximada de la estructura de la carrocería (Figura 6.32) o para medir determinadas zonas del vehículo (huecos de lunas, anclajes, etc.) (Figura 6.33). Es de fácil utilización y con él se puede realizar un pre-diagnóstico de las posibles deformaciones producidas en la colisión.

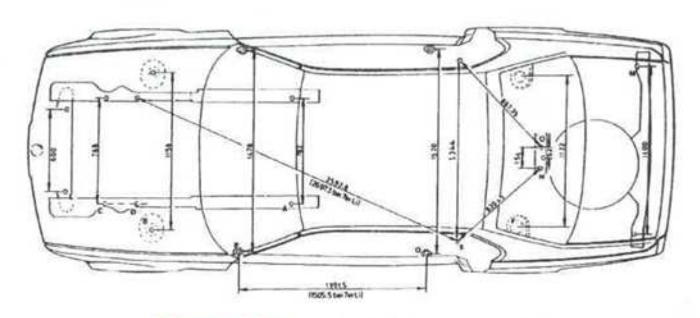


Figura 6.32. Cotas de la carrocería

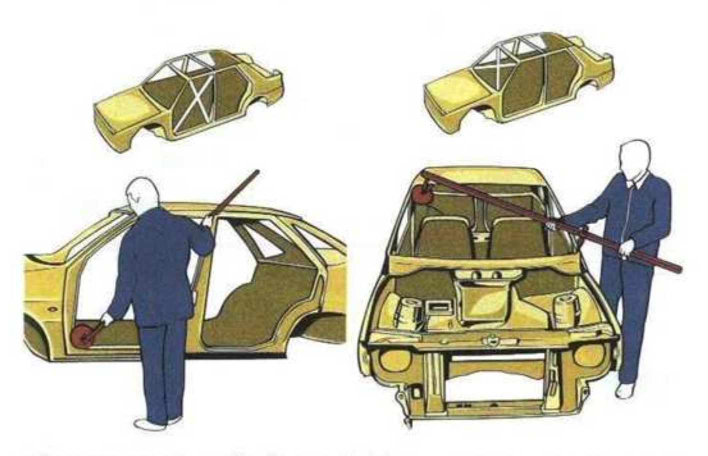


Figura 6.33. Ejemplo de medición con el compás de varas

Está constituido por un tubo telescópico que incorpora normalmente una escala graduada en milímetros. En cada extremo tiene un soporte por donde se desplaza perpendicularmente una varilla que también está milimetrada y forma un ángulo de 90º respecto del tubo telescópico (Figura 6.34), pudiéndose intercambiar con una terminación distinta, o de diferentes dimensiones, en función del punto a controlar. Algunos modelos tienen también incorporada una burbuja de nivel para poder tomar cotas de altura utilizando la graduación de la varilla.

La medición con este útil se puede realizar:

- Por comparación.
- Por medición.

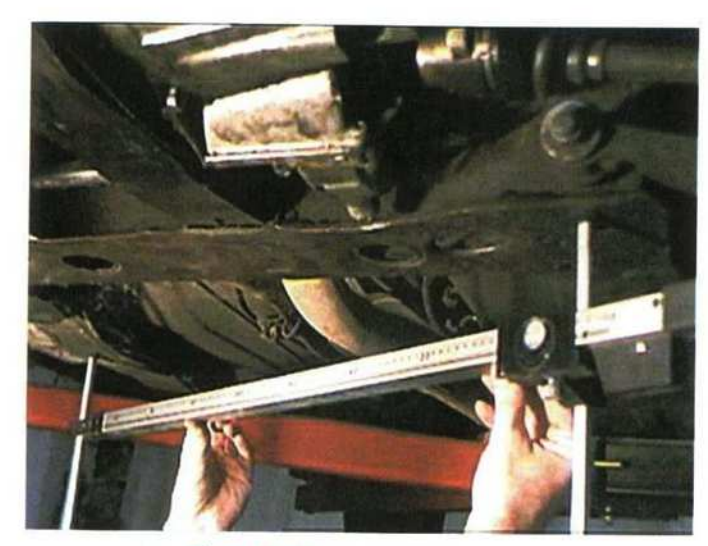


Figura 6.34. **Compás de varas**

6.4.1. Por comparación

Este método se basa en comprobar la simetría entre los puntos de control de la estructura (Figura 6.35), es decir, puntos cuyas dimensiones son iguales en ambos lados. La mayor parte de estos puntos son agujeros en la estructura del vehículo y sus dimensiones son la distancia de centro a centro de cada orificio. También se pueden realizar mediciones por comparación para comprobar la alineación de las rótulas de la suspensión, los soportes de anclajes, etc.

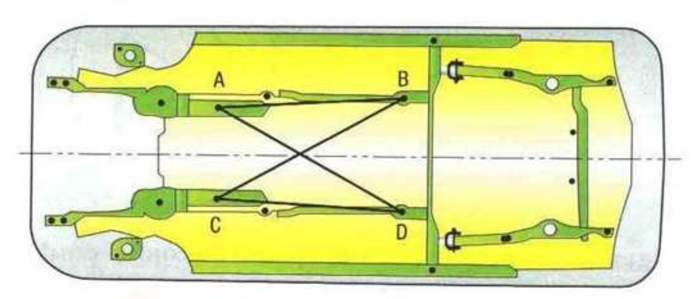


Figura 6.35. **Medida por comparación**

Para realizar medidas por comparación es indispensable realizar siempre como mínimo dos medidas: longitud y diagonal, de lo contrario, la medición puede llegar a ser errónea como se describe en los siguientes ejemplos.

Control de puntos simétricos (Figura 6.36)

La medida de la cota AD se comprueba que es igual a la cota BC, lo mismo ocurre al medir la cota AC que es igual a la cota BD, por lo que se puede afirmar que los puntos de control A, B, C, D no tienen deformación.

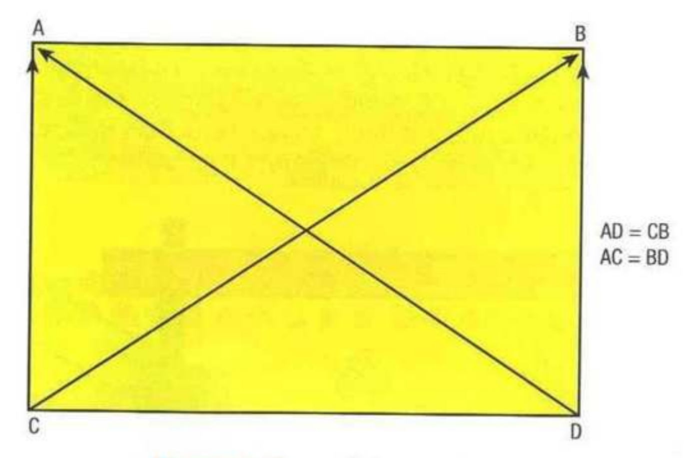


Figura 6.36. **Medidas simétricas**

Control de puntos con deformación hacia la derecha (Figura 6.37)

Las cotas longitudinales AC y BD tienen las mismas medidas. En cambio, las cotas diagonales son distintas, produciéndose un desplazamiento hacia el lado más largo (en este ejemplo, hacia el lado derecho).

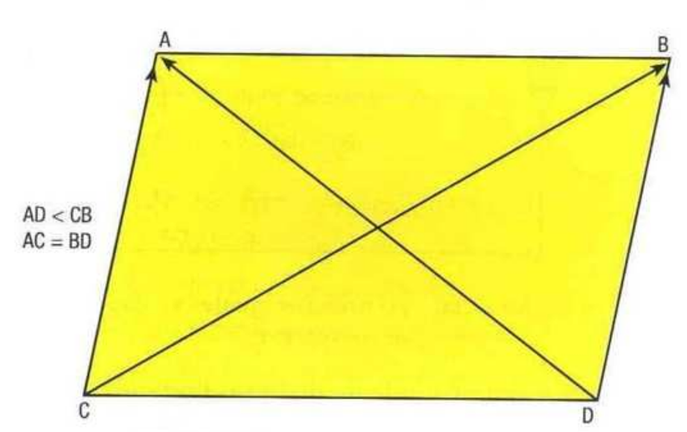


Figura 6.37. **Medidas no simétricas**

6.4.2. Por medición

Con este método se trata de medir la distancia que hay entre dos puntos comparándola con la indicada en la ficha técnica. Cualquier variación de las cotas significaría que el punto controlado ha resultado afectado por la colisión. Como en la mayoría de los casos, los puntos de referencia en la estructura son taladros. Las medidas hay que tomarlas de centro a centro, pudiéndose presentar diversos casos:

Que los orificios sean del mismo tamaño. En este caso, si la varilla del compás está correctamente centrada respecto a los agujeros a medir (Figura 6.38), bien porque son del mismo diámetro que los agujeros o porque se ha podido acoplar en su extremo un cono que hace que la varilla quede centrada respecto al agujero, su medición no presenta ningún problema, ya que la medida indicada en la varilla es la existente de centro a centro.

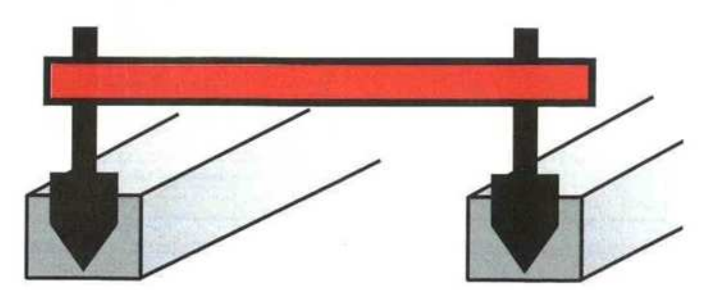


Figura 6.38. Medidas con orificios iguales y adaptadores idóneos

En el caso de que la varilla no quede centrada respecto de los agujeros (debido por ejemplo a que el diámetro de la varilla es inferior), hay que tomar la medida en uno de los extremos de los agujeros (Figura 6.39), siempre que en los dos sea en el mismo lado, para que se mantenga la medida central.

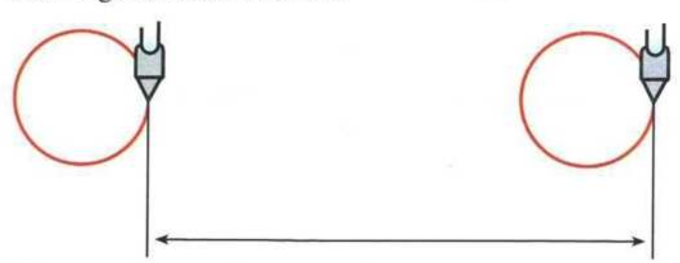


Figura 6.39. Medidas con orificios iguales y adaptadores más pequeños

Que los agujeros tengan distintos tamaños (Figura 6.40). Es un pequeño inconveniente que se resuelve tomando las medidas existentes entre los extremos más alejados y los extremos más cercanos, ambas medidas se suman y se dividen por dos. El resultado es la distancia de centro a centro de los taladros.

También se pueden medir zonas de la carrocería cuyos puntos de control no sean agujeros y tengan otros puntos de referencia. En estos casos la ficha técnica indicará cuál es el punto en concreto desde donde se deben tomar las medidas (Figura 6.41).

Tanto para las medidas por comparación como para las medidas directas de comprobación de las cotas, se alcanzará mayor precisión cuanto mayor sea la distancia de los puntos a controlar y se obtendrá mayor seguridad de la verificación si se realiza más de una medición desde el mismo punto de control (Figura 6.42).

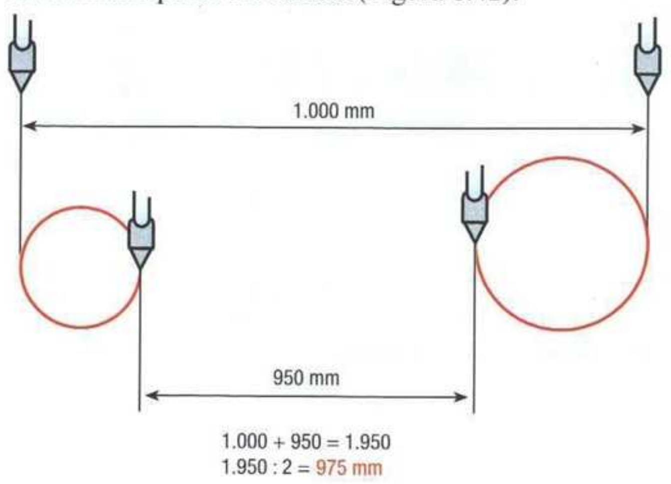


Figura 6.40. Medidas con orificios de distintos diámetros

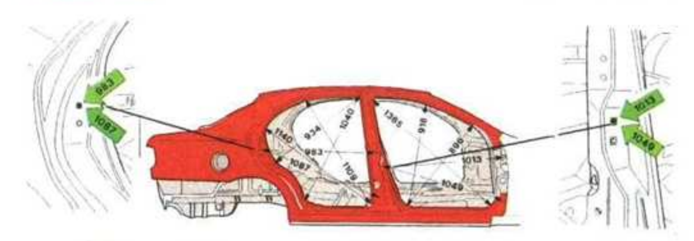


Figura 6.41. Medidas con puntos de control

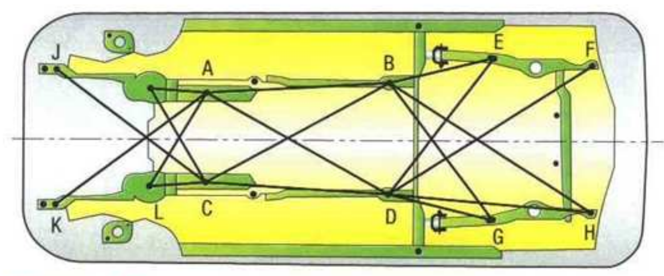


Figura 6.42. Verificar en mismo punto de control desde varias posiciones

Si el compás de varas tiene incorporada una burbuja de nivel, se pueden controlar cotas de altura siempre que el vehículo esté nivelado.

El proceso es idéntico al utilizado anteriormente; es decir, se medirán las cotas de longitud y las diagonales, pero manteniendo el tubo telescópico perfectamente nivelado. Para ello se apoyará una de las varillas y se desplazará la otra hasta nivelar el compás. A continuación observar la medida que marcan ambas varillas (Figura 6.43).

En algunas marcas de vehículos, la medición del bastidor se realiza partiendo de un punto central que se encuentra en el travesaño central (Figura 6.44).

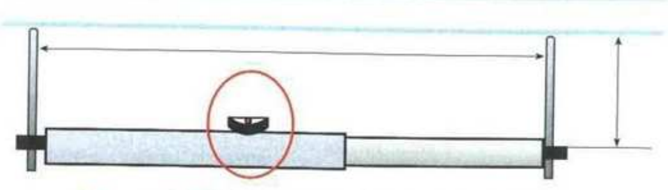


Figura 6.43. Mantener nivelado el compás

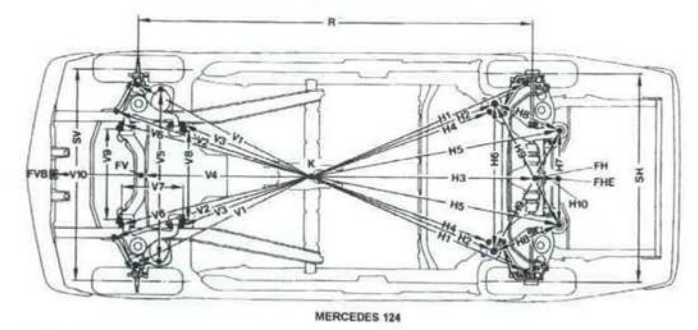


Figura 6.44. Medición desde el mismo punto de control

Actualmente existe un compás digital –MZCross– (Figura 6.45) que determina la distancia de los puntos de las carrocerías previamente definidos y estudiados y que compara los mismos a valores de fabricante, insertados en una base de datos, a través de un programa instalado en un ordenador. Por otro lado, este sistema permite compilar toda la información de la carrocería, en lo que concierne al diagnóstico, así como a la inclusión de fotografías reales y datos adicionales sobre la carrocería y realizar un informe sobre las mediciones efectuadas.



Figura 6.45. Compás digital

El sistema MZCross contiene el siguiente equipamiento (Figura 6.46):





Figura 6.46. Equipamiento compás digital

- 2 juegos de terminales.
- 2 adaptadores magnéticos.
- 1 brazo medidor digital.
- 1 extensión para pequeñas distancias.
- 4 extensiones distintas.

Principio de funcionamiento del MZCross y proceso de análisis

1. La carrocería entra en el taller.
2. Situar la carrocería en un elevador.
3. Crear una ficha de trabajo (Figura 6.47).



Figura 6.47. Crear ficha de trabajo

Antes de empezar a hacer el análisis de los puntos de la estructura de la carrocería es necesario abrir una ficha de trabajo. Esta ficha no es más que la selección de la carrocería que nos permitirá después registrar los valores obtenidos a través del brazo medidor digital (marca, modelo, mecánica desmontada o montada) (Figura 6.48).





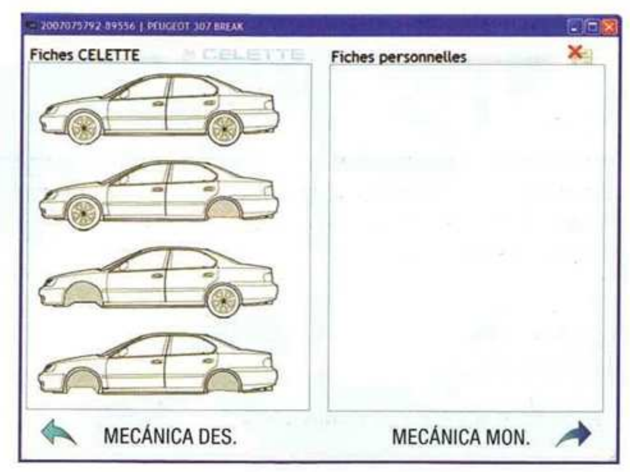


Figura 6.48

4. Tras haber abierto la ficha, el operario tendrá que configurar la misma en 3 etapas (Figura 6.49):

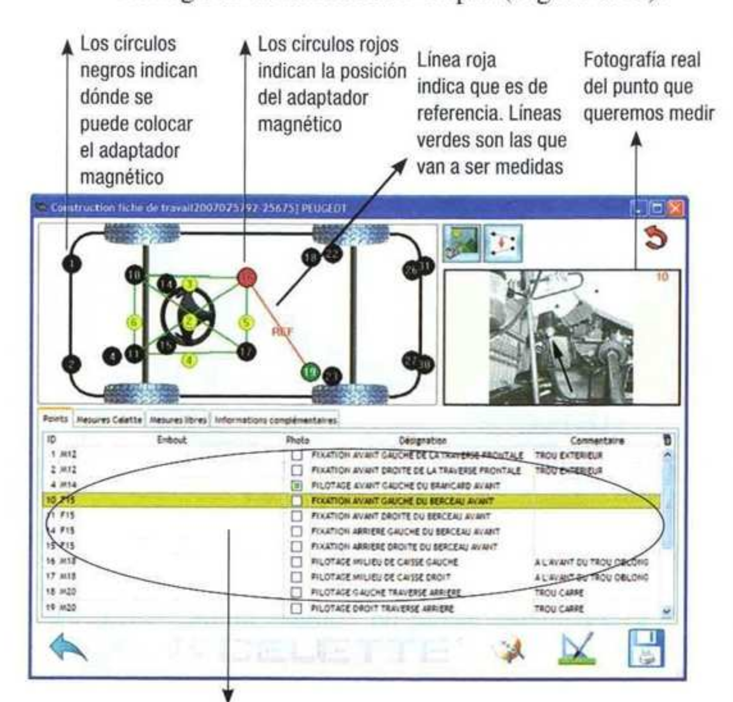


Figura 6.49

a) Indicar un punto de referencia, donde será colocado el adaptador magnético y de donde será el punto cero de las mediciones.

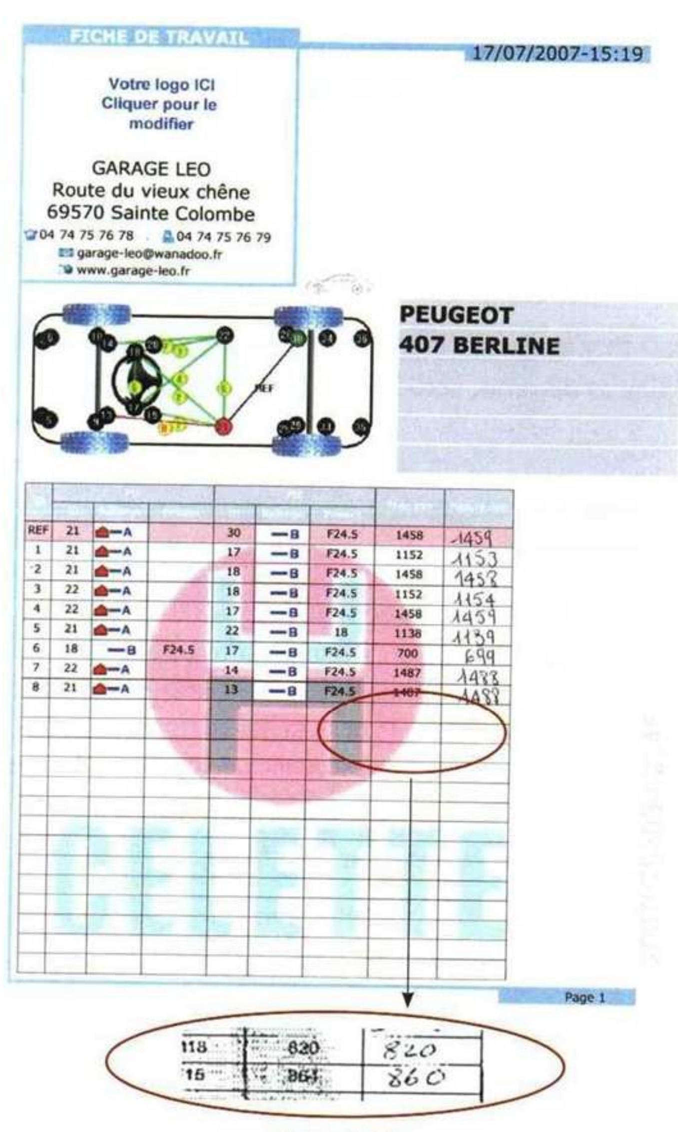
b) Indicar punto de validación, que servirá para definir una distancia de referencia que permite validar el punto de referencia.

c) Definir individualmente todas las distancias que se deseen medir (Figura 6.50).



Figura 6.50 **Medición de los puntos de control**

5. Impresión y registro de los valores obtenidos: una vez abierta la hoja de trabajo, imprimimos el impreso y anotamos los valores obtenidos por el brazo medidor digital en la columna destinada a ello (Figura 6.51).


FICHE DE TRAVAIL

17/07/2007-15:19

Votre logo ICI
Cliquer pour le modifier

GARAGE LEO
Route du vieux chêne
69570 Sainte Colombe
04 74 75 76 78 04 74 75 76 79
garage-leo@wanadoo.fr
www.garage-leo.fr

PEUGEOT
407 BERLINE

REF	21	—A		30	—B	F24.5	1458	1459
1	21	—A		17	—B	F24.5	1152	1153
2	21	—A		18	—B	F24.5	1458	1458
3	22	—A		18	—B	F24.5	1152	1154
4	22	—A		17	—B	F24.5	1458	1459
5	21	—A		22	—B	18	1138	1139
6	18	—B	F24.5	17	—B	F24.5	700	699
7	22	—A		14	—B	F24.5	1487	1488
8	21	—A		13	—B	F24.5	1487	1488

Page 1

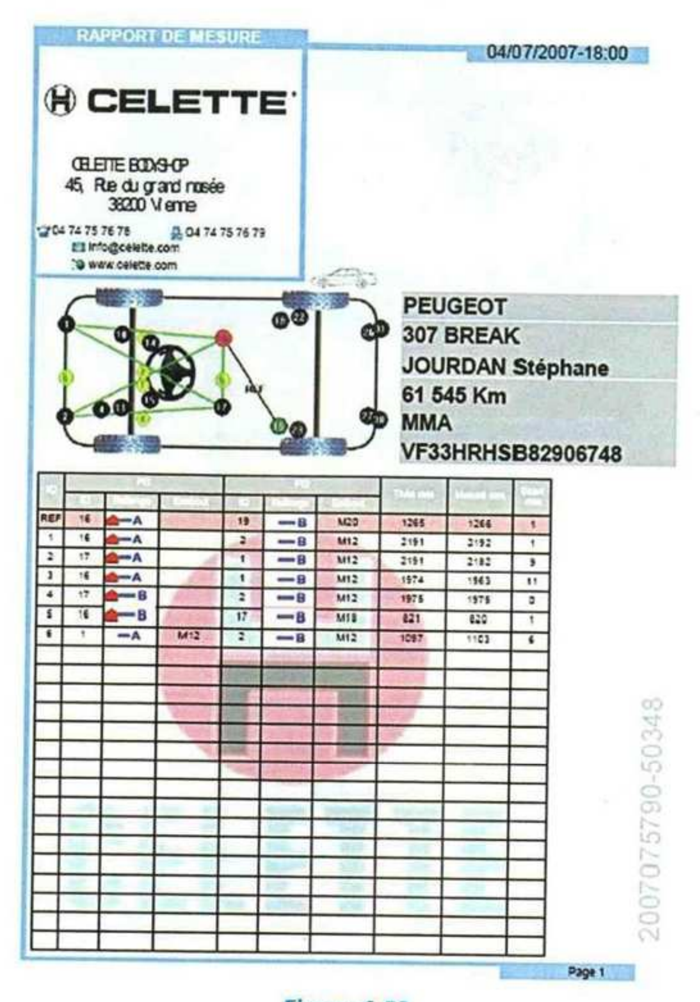
118		820	820
15		861	860

Figura 6.51

6. Introducir los datos en la ficha de trabajo en la computadora y guardarlos.

   Los valores obtenidos por el brazo medidor digital son registrados ahora en el ordenador en la ficha de trabajo ya existente.

   Automáticamente, el programa MZCross calcula los desvíos entre los valores obtenidos a través de la medición con los valores teóricos del fabricante. En este punto, el operario tiene una percepción estructural de la carrocería. Esta comparación puede ser grabada en un fichero, imprimirla o quedarse archivada en el ordenador para un futuro análisis (Figura 6.52).


RAPPORT DE MESURE

04/07/2007-18:00

CELETTE

CELETTE BODYSHOP
45, Rue du grand rosée
38200 Vienne
04 74 75 76 78 04 74 75 76 79
info@celette.com
www.celette.com

PEUGEOT
307 BREAK
JOURDAN Stéphane
61 545 Km
MMA
VF33HRHSB82906748

REF	16	—A		19	—B	M20	1265	1266	1
1	16	—A		2	—B	M12	2191	2192	1
2	17	—A		1	—B	M12	2191	2182	9
3	16	—A		1	—B	M12	1974	1963	11
4	17	—B		2	—B	M12	1975	1975	0
5	16	—B		17	—B	M18	821	820	1
6	1	—A	M12	2	—B	M12	1097	1103	6

Page 1

Figura 6.52

6.5 Sistema de medida "Codhe"

Es una evolución del compás de varas, con él se pueden medir puntos simétricos del vehículo por comparación o utilizando las cotas de las fichas técnicas que acompañan al sistema de medida.

Puede utilizarse con la mecánica desmontada o con la mecánica montada y medir cualquier punto exterior de la carrocería.

Está compuesto por (Figura 6.53):

- **Barra transversal.** Es una barra que tiene una graduación en milímetros partiendo de la zona

central, tiene la misma medida a ambos lados. Por ella se desplaza libremente el soporte de la barra de medición.



Figura 6.53. **Sistema de medida Codhe**

- **Útiles adaptadores.** Son los útiles necesarios para sujetar la barra transversal a los distintos puntos de la carrocería (Figura 6.54).



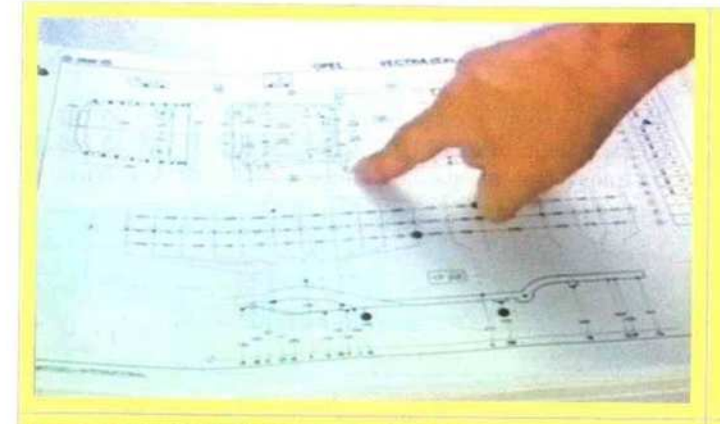
Figura 6.54

- **Barra de medición.** Es una barra extensible graduada en milímetros. Uno de sus extremos se sujeta a la barra transversal y en el otro se acopla una barra que termina en un cono denominada puntero.
- **Puntero.** Es una barra terminada en cono que se utiliza para comprobar los distintos puntos de la carrocería.
- **Fichas técnicas.** Son los datos que el fabricante del medidor tiene preparados con sus respectivas cotas para poder comprobar distintos puntos de la carrocería.

El método de utilización es muy parecido al del compás de varas, pero aporta mayor precisión y resulta más fácil de utilizar. Consiste en montar en dos puntos que no estén deformados una regla transversal, perfectamente nivelada respecto de la carrocería. Sobre esta regla se instala una barra de medición, que se desplaza a los puntos a controlar. Una de las ventajas que presenta este sistema con respecto al compás de varas es que, una vez graduado para un punto, su punto simétrico se puede comprobar fácilmente sin necesidad de tener que cambiar la graduación. Para su mejor compresión se describe un ejemplo que se ha secuenciado en los siguientes puntos:

- Montaje y nivelación de la barra transversal.
- Medición por comparación.
- Medición utilizando las cotas de la ficha.
- Medición de otras zonas de la carrocería.

6.5.1. Montaje y nivelación de la barra



Consultar con la ficha técnica y localizar dos puntos simétricos que no estén afectados por la deformación para montar la barra transversal.

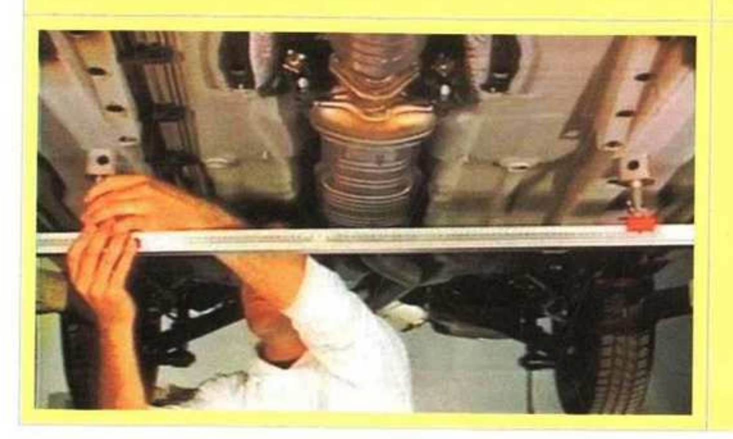


Para verificar que los puntos elegidos no están dañados, además de la simple observación, se puede utilizar el compás de varas, comprobando su simetría (largo y ancho).

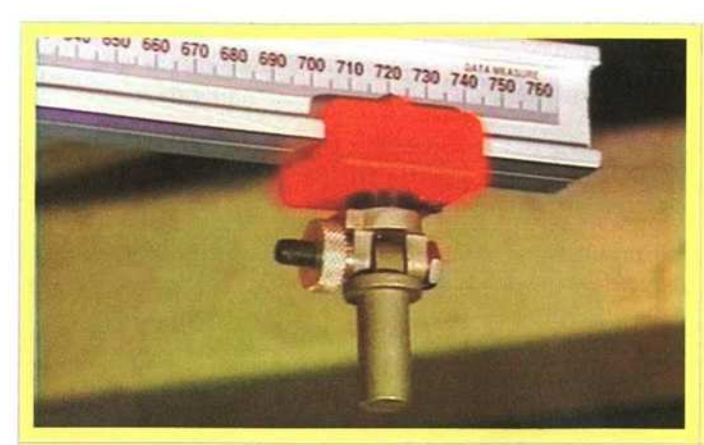




En el equipamiento del medidor se encuentran diversos útiles y adaptadores para sujetar la barra transversal con tornillos, o en agujeros.



Una vez colocados los anclajes, colocar la barra transversal, centrándola respecto a los soportes de sujeción. Es decir, colocando igual medida en ambos lados.



Montar el soporte de la barra de medición y comprobar que se puede desplazar libremente a lo largo de la barra transversal, montando un tope a cada lado de la barra transversal para evitar que no se salga.



Nivelar la barra transversal con relación al vehículo. Para ello comenzar montando el estabilizador de nivel.



Colocar el nivel del equipo de medida en la parte inferior del marco de la puerta, o cualquier otro lado del vehículo que esté plano y paralelo al suelo, y graduarlo utilizando el tornillo de regulación hasta conseguir que la burbuja se encuentre en la parte central.



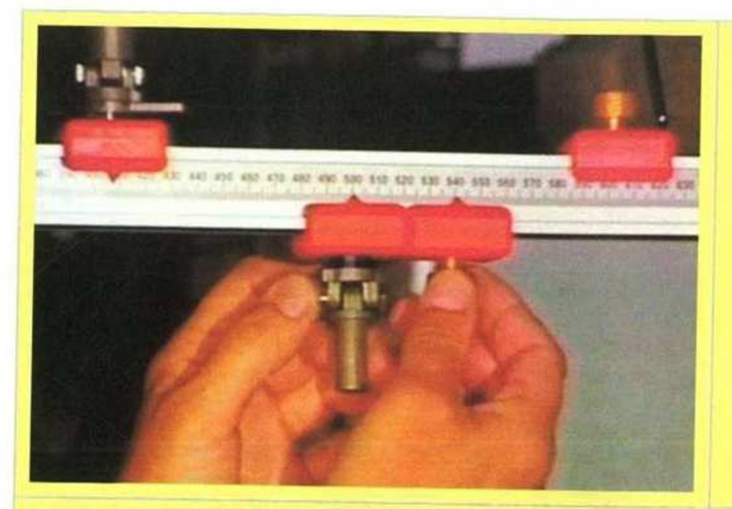
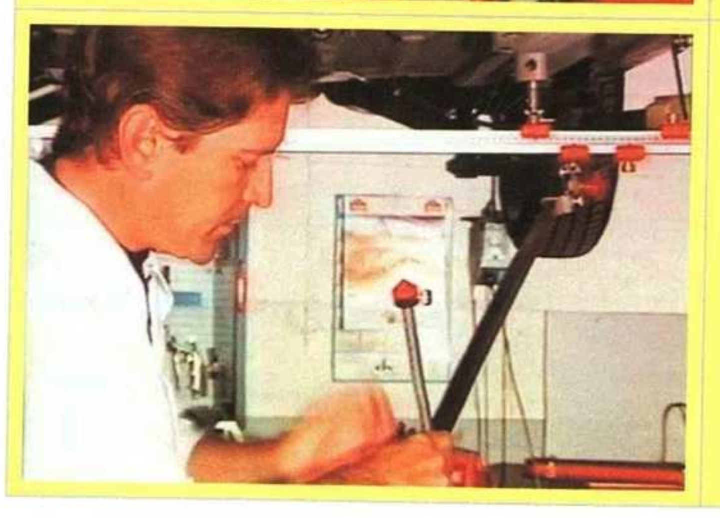
Trasladar el nivel a la barra transversal y nivelar la burbuja utilizando el nivelador.

Realizar las dos últimas operaciones en ambos lados de la barra transversal, respetando siempre la misma posición del tornillo de regulación.

Una vez montada y nivelada la barra transversal, se puede comenzar el proceso de medición, pudiendo realizarse de dos formas diferentes:

- Por comparación.
- Utilizando las cotas de la ficha técnica.

6.5.2. Por comparación

	Colocar los topes de la barra transversal a la misma medida en ambos extremos.
	Montar la barra de medición en el soporte de la barra transversal y comprobar que se desplaza libremente.
	En el otro extremo de la barra de medición, montar un puntero, con una longitud aproximada para que quede paralela al piso de la carrocería.



Terminada de montar la barra de medición, se pueden comenzar las operaciones de medida utilizando los puntos simétricos a ambos lados de la carrocería.

Colocar el puntero sobre el punto elegido para la medición (para controlar la longitud), observando que el soporte de la barra de medición hace tope en el extremo de la barra transversal. En esta posición, bloquear el tornillo del extensible.



Desplazar la barra de medición al otro extremo, observando que hace tope en las mismas condiciones que el otro lado, comprobar que tiene la misma longitud.

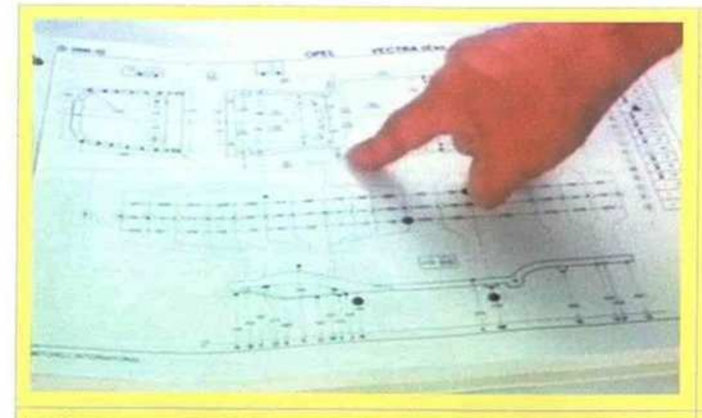
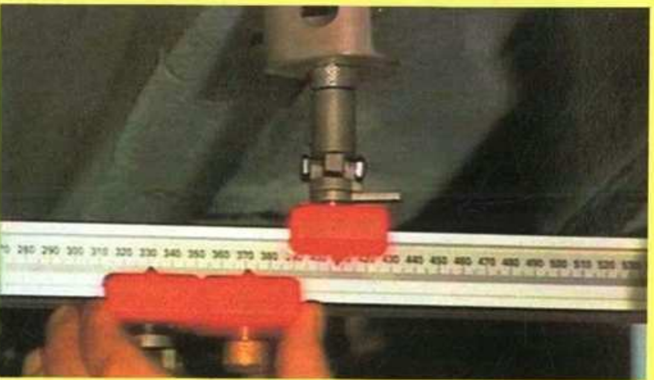
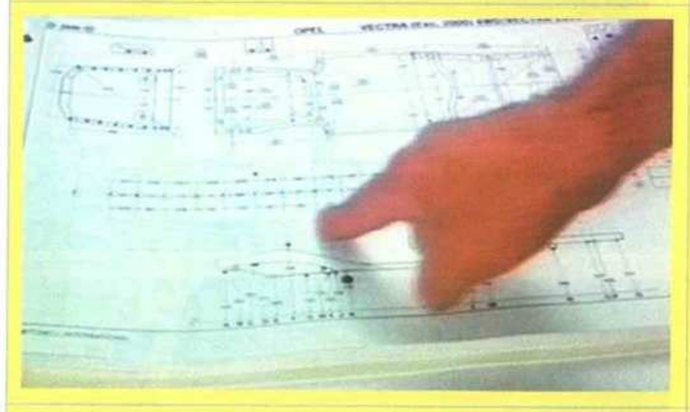
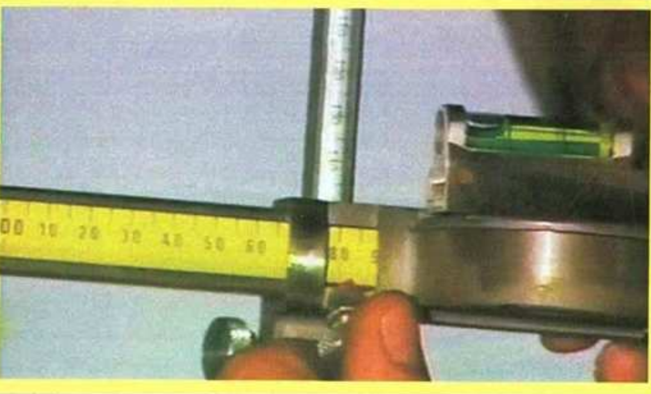
Realizar la misma operación, pero esta vez comprobando la diagonal.

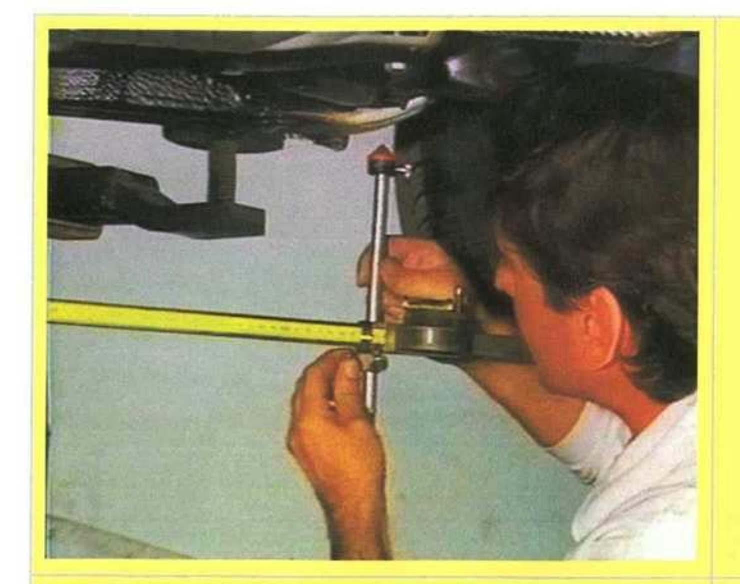
Siempre es indispensable para medir por comparación, comprobar la longitud y la diagonal de los puntos simétricos.



Una vez montado todo el sistema de medida se pueden comprobar tanto la parte delantera de la barra transversal, como la trasera.

6.5.3. Medición utilizando la ficha técnica

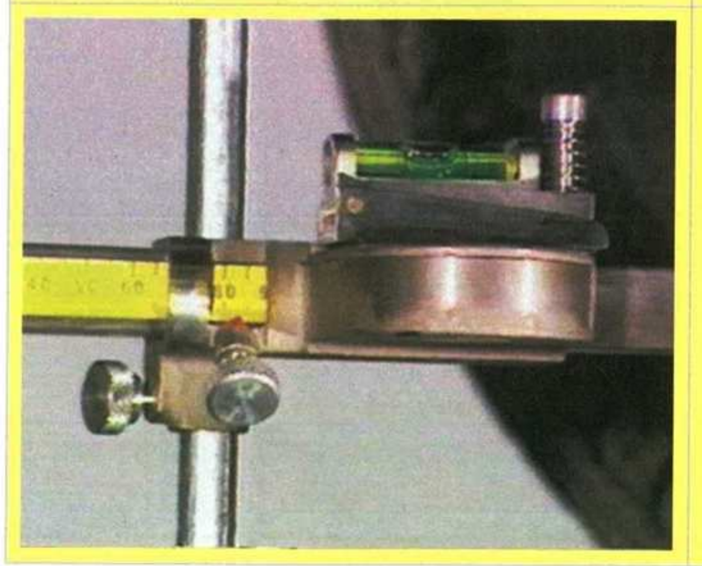
	Consultar en la ficha la medida de posición de los topes.
	Trasladar la medida a la barra transversal en ambos extremos.
	Consultar la medida de longitud y de altura del punto a medir.
	Desplazar el extensible hasta hacerle coincidir con la medida de longitud, bloqueando a continuación su desplazamiento.



Desplazar el puntero hasta la medida de altura indicada.



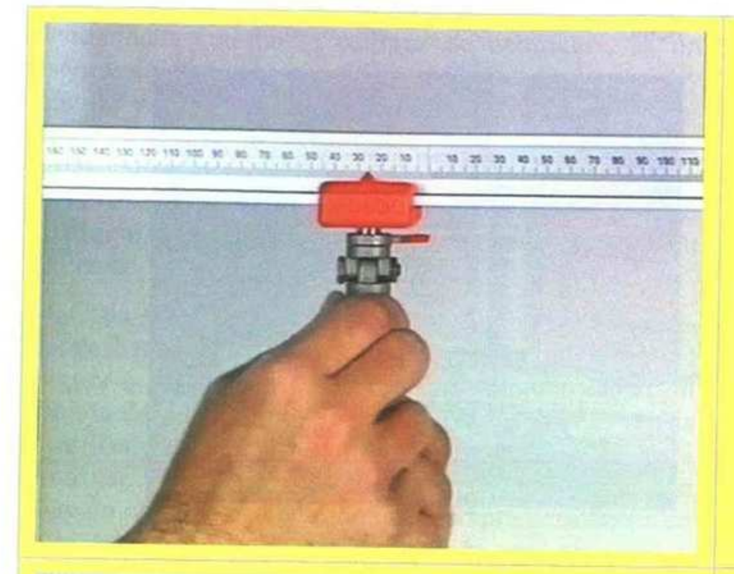
Posicionar el puntero sobre el punto elegido y comprobar si coincide en su parte central. Si no es así, ese punto ha sido afectado por la colisión.



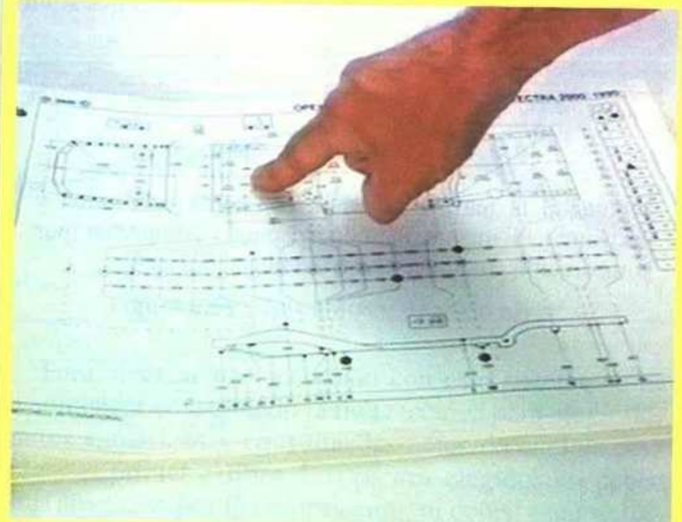
Observar el nivel, la burbuja deberá permanecer en la parte central. De lo contrario, indicará que el punto está desplazado hacia arriba o hacia abajo.

Realizar la misma operación en el otro punto simétrico, o continuar con otro punto consultando las cotas de la ficha.

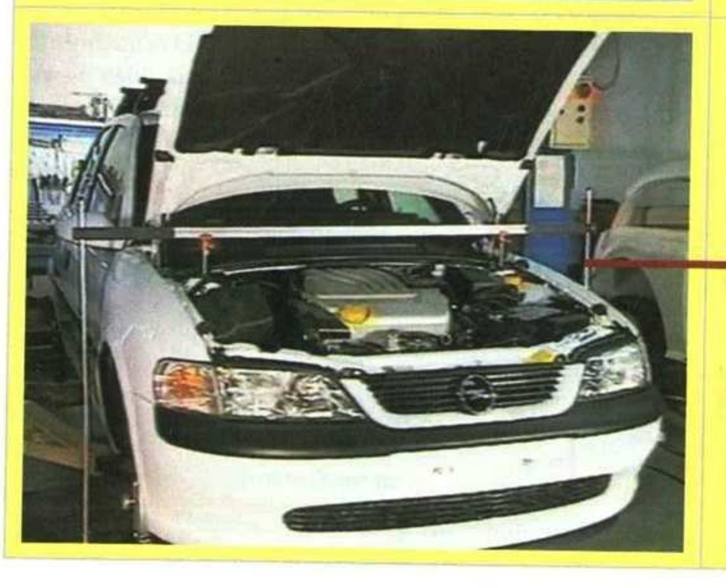
6.5.4. Medición de otras zonas del vehículo



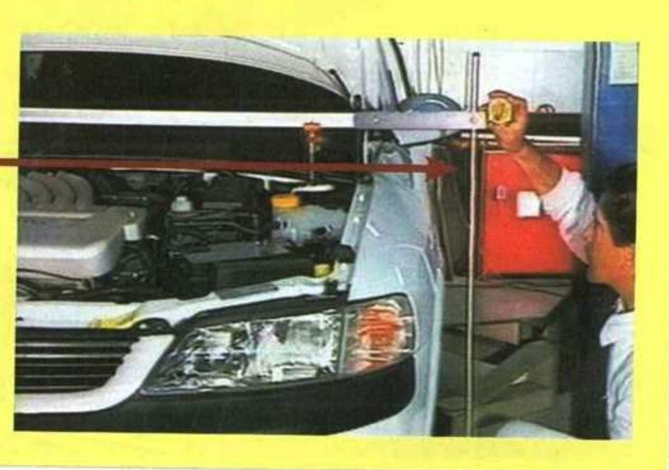
Montar en otra barra transversal los útiles necesarios para controlar otros puntos de la carrocería. En este ejemplo las torres de la suspensión.



Consultar en la ficha técnica las cotas y los diferentes adaptadores necesarios para realizar la comprobación.

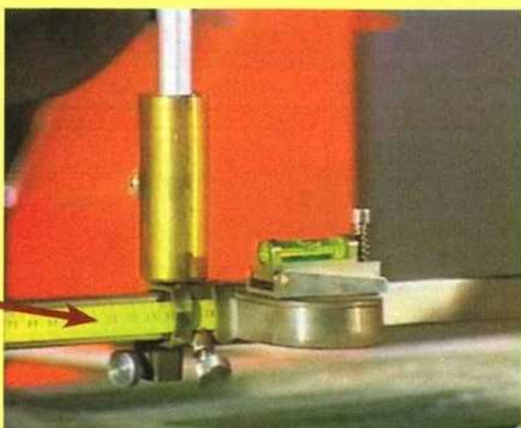


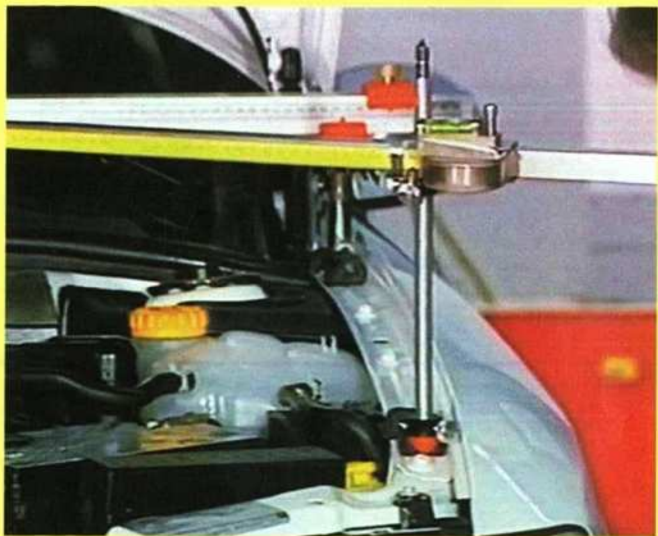
Colocar los útiles y ajustar a las medidas indicadas.





Proceder a comprobar las distintas cotas indicadas en la ficha.





Montando la barra transversal con otros accesorios y utilizando el mismo método se puede comprobar por comparación cualquier punto del hueco del capó.



O bien las medidas exteriores de la carrocería.

6.6 Galgas de nivel

Denominadas también "calibres de centrado", es un sistema de medición que utiliza un procedimiento muy sencillo y a la vez eficaz. Se utiliza para detectar desalineamiento en la estructura mediante la instalación de varias galgas de nivel que se han instalado previamente en la base de la carrocería. Todas las medidas pueden realizarse con el vehículo montado en una bancada o en un elevador.

Cada galga está compuesta por dos barras que pueden deslizarse entre sí, manteniéndose siempre paralelas (Figura 6.55). En sus extremos tienen incorporado un sistema de fijación que les permite adaptar unas reglas o varillas verticales, las cuales se sujetan en los puntos a controlar. En la parte central de las barras está fijado un pivote u objetivo de centrado que siempre permanece en el centro de las dos barras y se utiliza para observar la alineación de la estructura.

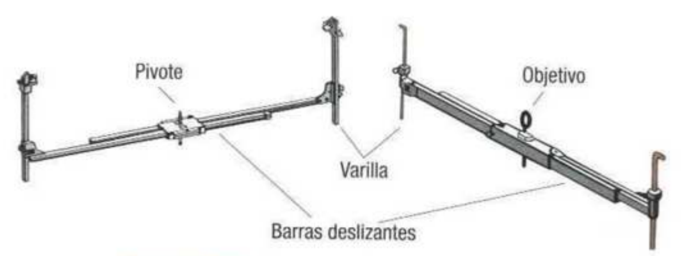


Figura 6.55. Elementos galgas de nivel

Para efectuar una medición con este sistema se ha de comenzar consultando la ficha técnica para elegir dos puntos simétricos y consultar las cotas de anclaje para colgar el primer calibre. Los puntos elegidos no deben estar afectados por la deformación, ni deben estar deformados. En caso de deformación, elegir otros puntos. A continuación elegir de nuevo otros dos puntos simétricos que no estén afectados por la deformación y colgar otro calibre. Instalados los dos calibres, hay que mirar por el pivote o el objetivo y comprobar que están alineados (Figura 6.56).



Figura 6.56. Elegir siempre dos puntos simétricos no afectados por la deformación

Estos dos calibres se instalarán, de ser posible, en la parte central de la carrocería.

Si lo que se desea es comprobar la alineación total del vehículo (porque visualmente no se observan deformaciones) será necesario instalar dos calibres más, uno en:

- La sección delantera.

Y otro en:

- La sección trasera.

La alineación de la carrocería será correcta cuando los calibres están en posición paralela y los pivotes u objetivos centrados (Figura 6.57).

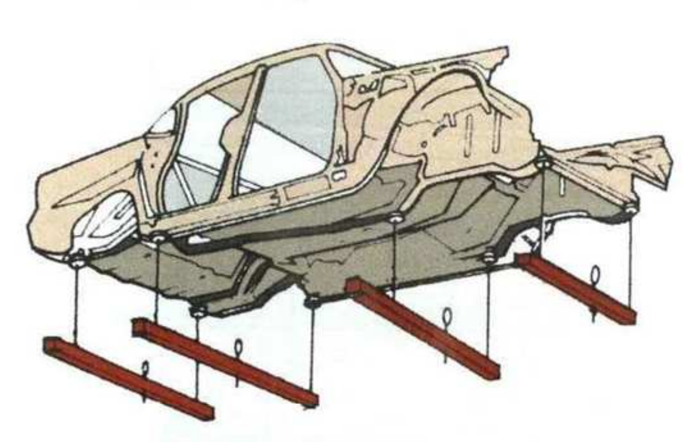


Figura 6.57. Alineación correcta

Si visualmente ya se observa la zona deformada habrá que instalar uno o dos calibres más en la zona afectada por la colisión y volver a mirar por el objetivo para comprobar el alineamiento de los calibres.

En una alineación correcta de los cuatro calibres desde el pivote u objetivo, no debe observarse ninguna desviación (Figura 6.58).

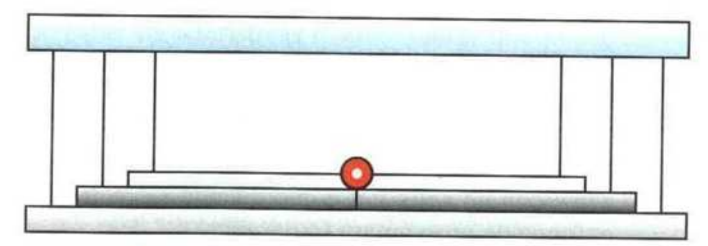


Figura 6.58. Objetivo y pivote centrado

La desalineación del/los calibre/s instalados en la zona deformada con los otros dos calibres instalados en la zona no deformada indicará el tipo de deformación que se ha producido en la zona, tal y como se indica en los siguientes gráficos (Figuras 6.59, 6.60 y 6.61).

- **Hundimiento**.

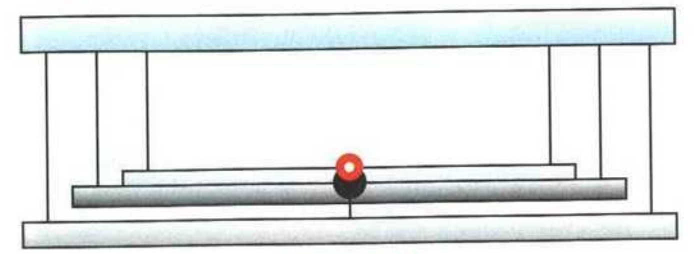


Figura 6.59

- **Retorcimiento**.

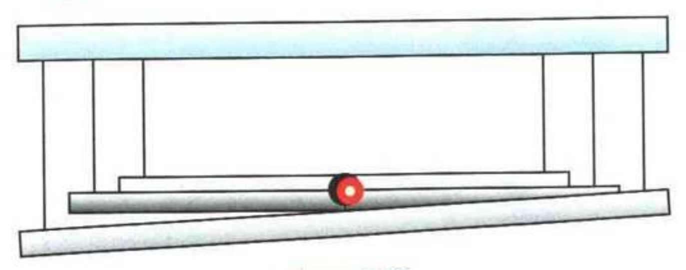


Figura 6.60

- **Desviación lateral**.

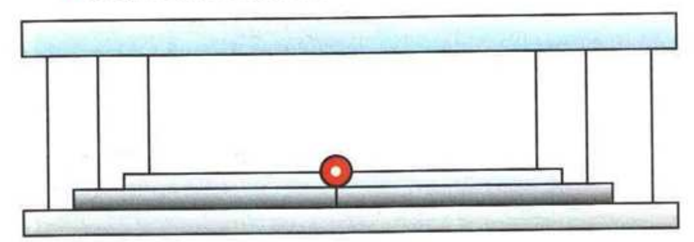


Figura 6.61

Para observar correctamente los calibres hay que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Para comprobar que están paralelos hay que situarse siempre en el centro del borde exterior, mirando con los dos ojos.
- Los puntos elegidos para situar los calibres deben estar lo más separados posible, a mayor separación mayor precisión en la observación.
- La observación del pivote u objetivo debe realizarse con un solo ojo, como cuando se realiza el enfoque de una cámara fotográfica.
- Hay que asegurarse de que los calibres están todos a la altura indicada en la ficha.
- No colgar los calibres en una pieza que pueda tener movimiento.
- Si el orificio donde se va a colgar el calibre está un poco deformado y no hay posibilidad de elegir otro punto, habrá que reparar la deformación del orificio antes de anclarlo.

6.7 Diagnóstico con sistemas de medición universales

Este sistema de medición de la carrocería permite tomar medidas en las tres dimensiones (anchura, altura y longitud), evaluando de forma rápida las posibles deformaciones que tiene la carrocería. La ventaja de este sistema respecto a la utilización del compás de varas o los calibres de nivel radica en que la lectura de las medidas es directa.

En el mercado existen diversos diseños, por lo que a la hora de su utilización deberán de leerse atentamente las instrucciones de uso y mantenimiento.

Los más usuales son:

- Sistema mecánico.
- Sistema informatizado.
- Sistema láser.
- Sistema acústico.

6.8 Sistema de medición mecánico

Este tipo de medidor se suele utilizar normalmente en la bancada, pues necesita apoyarse en una superficie perfectamente plana, siendo totalmente independiente a la bancada, es decir, que normalmente no está montado de forma fija en la bancada, aunque también existen modelos de bancada en los que el sistema de medida está incorporado a los útiles de sujeción de la misma y otros que distribuyen un sistema de medición que se puede utilizar en cualquier elevador (éstos son casos particulares).

Básicamente están compuestos por:

- **Un puente de medida** (Figura 6.62.A). Es un bastidor fabricado de aluminio, dotado de escalas graduadas en los laterales para la medición de longitud. Está diseñado para colocarlo en la parte fresada de la bancada.
- **Carros de medida** (Figura 6.62.B). Denominados también "correderas de medidas o semirraíles de medidas transversales", que se desplazan a través del puente de medida y llevan incorporadas unas escalas para medir la anchura.

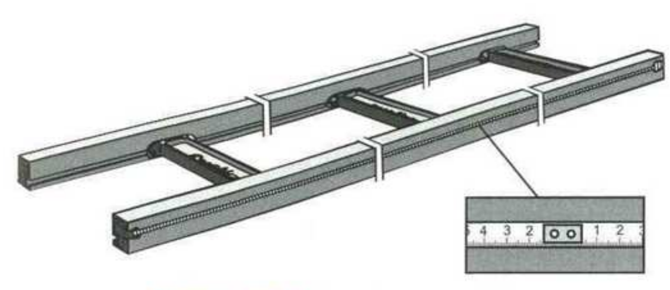


Figura 6.62.A. Puente de medida

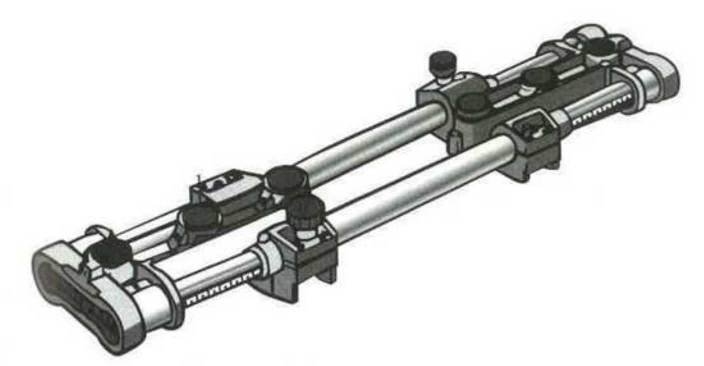


Figura 6.62.B. Carro de medida

- **Útiles de medida** (Figura 6.63).

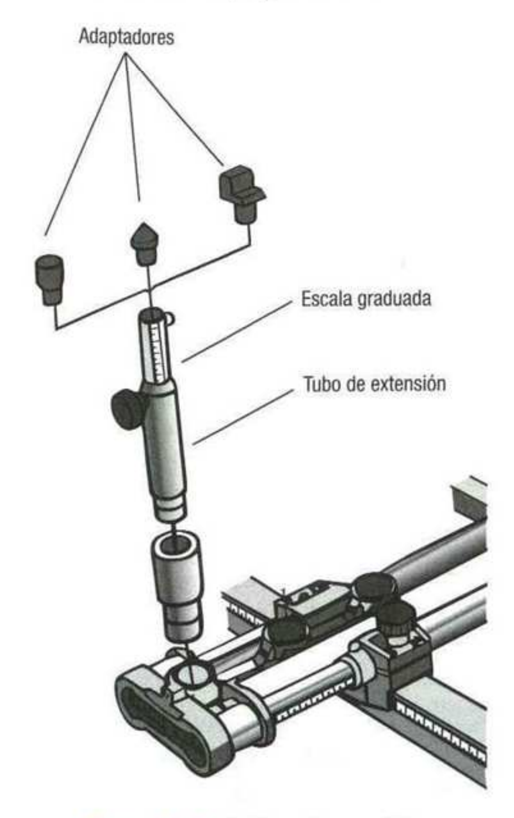


Figura 6.63. Útiles de medida

Está compuesto por tres grupos de componentes:

- Tubos de extensión de distintas longitudes.
- Escalas deslizantes graduadas en milímetros para la medición de altura.
- Adaptadores de medición, preparados para tomar las medidas en los puntos indicados en la ficha.

- **Útil para comprobar la parte superior de la carrocería** (Figura 6.64). Adopta diversos nombres en función del fabricante de la bancada. Sirve para poder medir los puntos elevados de la carrocería y comprobar por comparación las partes exteriores como el techo, las aletas, etc.

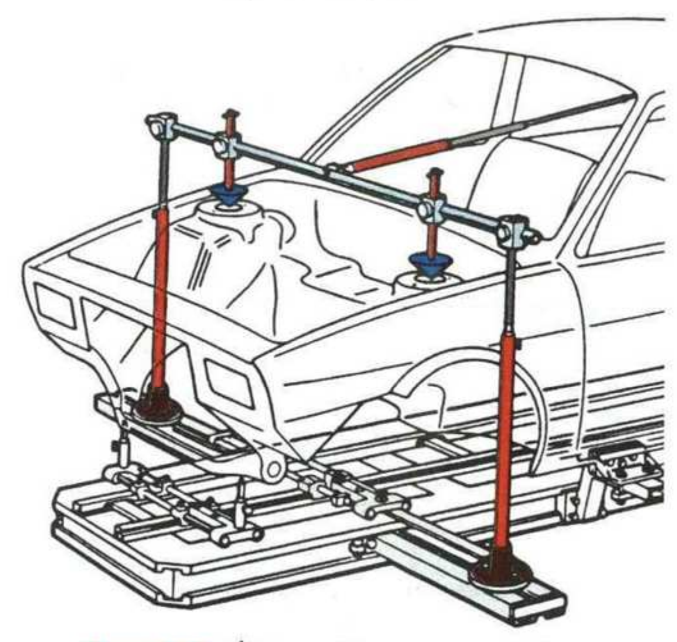


Figura 6.64. Útiles verificar parte superior

A continuación se detallan los pasos a seguir para medir la carrocería de un vehículo utilizando un medidor de estas características (Car-O-Liner) que puede servir de referencia para otros modelos.

El proceso se desarrolla en las siguientes secuencias:

- Localización de la ficha técnica.
- Sujeción del vehículo en la bancada.
- Elección de los puntos de medidas.
- Montaje y centrado del sistema de medida.
- Primer método de diagnóstico.
- Segundo método de diagnóstico.

6.8.1. Localización de la ficha técnica

AUDI

Audi 80,8C FWC Sedan, 4 door, 1992, 21:049 1991-12

Audi 80,8C Quatro Sedan, 4 door, 1992, 21:052, 1992-05

Audi 80, Quatro Sedan, 4 door, 1985, 21:025, 1985-01

Audi 90 FWd Sedan, 4 door, 1988, 21:045, 1991-05

En primer lugar acudir al índice general para localizar la marca del vehículo que se desea reparar. A continuación localizar el vehículo en concreto a reparar.

En el ejemplo se trata de un Audi 80, 8C, Sedan, 4 puertas, modelo 1992.

No. 21:049

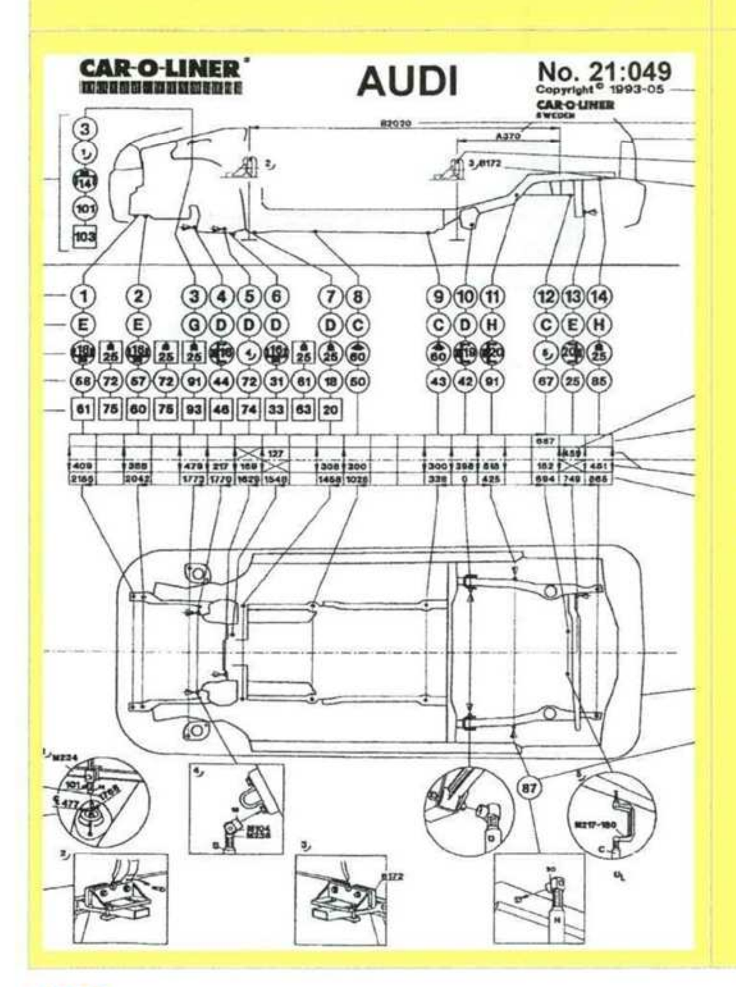
Copytright 1991 - 12

CAR-O-LINER

SWENDEN

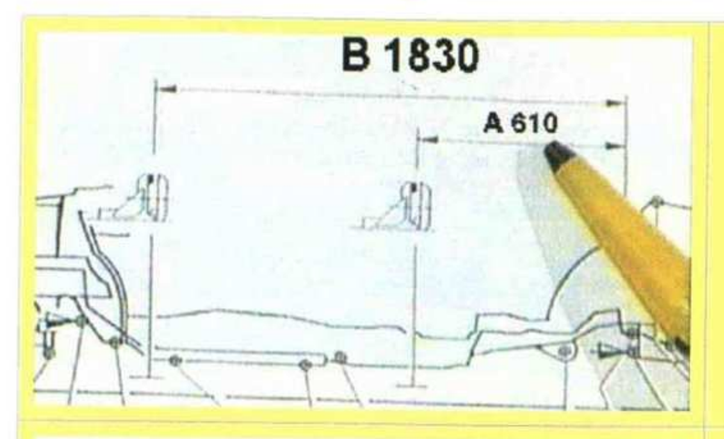
Anotar el número de la ficha de reparación.

Si no localiza la ficha para ese modelo o no coincide el año de fabricación no lo asocie a otro modelo, consulte con su proveedor de bancada antes de tomar ninguna decisión.



En la ficha se localizará la información de los puntos correctos donde colocar las mordazas de sujeción y de todos los puntos posibles de controlar, así como los útiles necesarios y las medidas de todas las cotas para cada punto.

6.8.2. Proceso de sujeción del vehículo en la bancada



La primera información que se debe comprobar será la distancia a la que hay que colocar las mordazas de agarre.

En algunos modelos de bancadas, los puntos de control son a la vez puntos de amarre y las mordazas sólo se utilizan para sujetar mejor la carrocería a la hora de realizar los tiros de enderezados, para que no se produzcan deformaciones en los puntos de control/amarre. En este tipo de bancadas el primer paso a desarrollar será elegir los puntos de control y posicionar los útiles.



A continuación, dependiendo del modelo de bancada que se disponga, se preparará el vehículo para sujetarlo con las mordazas.

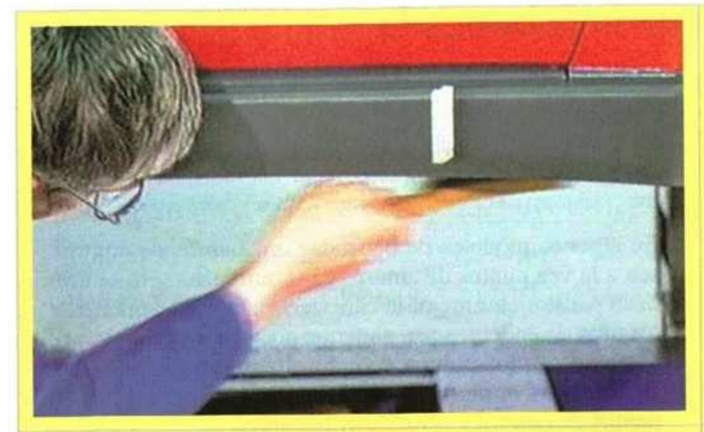
En la descripción fotográfica que se adjunta se sube el vehículo en el elevador y se colocan debajo de las ruedas unos caballetes, bajando posteriormente el elevador hasta que la bancada quede liberada del peso del vehículo.



Partiendo del centro del eje trasero, marcar con una tiza o un rotulador el lugar donde se debe anclar la primera mordaza de anclaje.



Realizar la misma operación para marcar la posición de la segunda mordaza de anclaje y repitir la operación en el otro lado del vehículo.

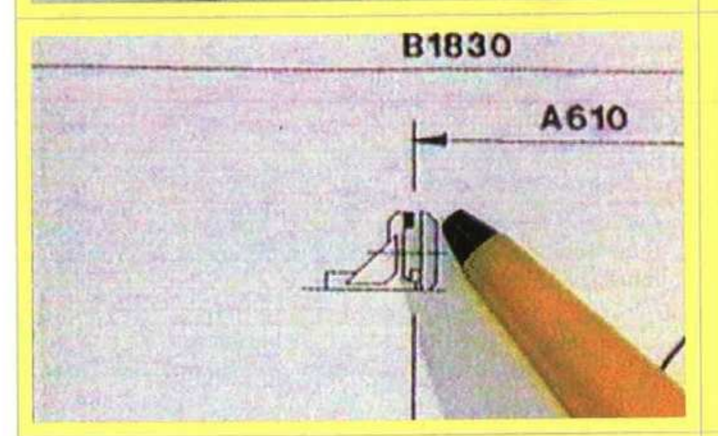


Es importante que la zona de anclaje esté totalmente limpia, si es preciso utilizar un cepillo de cerdas metálicas para proceder a su limpieza.

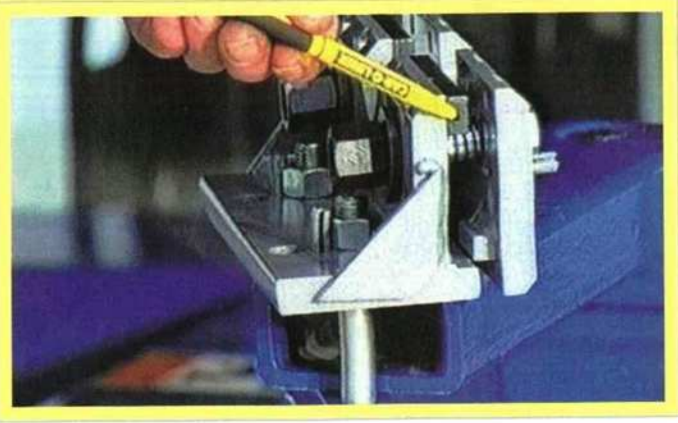


Bajar del todo la bancada y montar los brazos que sujetan las mordazas de anclaje.

Esta operación también puede variar dependiendo del modelo de bancada que disponga el taller.



Algunos modelos de mordazas de anclaje tienen posición preestablecida y hay que verificar en la ficha técnica de la bancada su correcto posicionamiento.



En estos casos las mordazas tienen grabadas una letra o señal para diferenciar las del lado derecho de las del lado izquierdo.



Colocar las mordazas en los brazos soporte, abriendo al máximo las pinzas.



Subir el elevador, asegurándose que las pinzas han encajado en la zona adecuada y están en la posición correcta, normalmente la marca realizada en la carrocería tiene que estar en el centro de las mordazas de anclaje.

Una vez asegurado que todo está correcto, apretar los tornillos de anclaje en el orden que indiquen las instrucciones de la bancada.

6.8.3. Elección de los puntos de medidas

Con la ficha seleccionada delante y observando los bajos del vehículo, elegir varios puntos simétricos que no estén dañados por la colisión (Figura 6.65).

Es recomendable un mínimo de tres o cuatro puntos lo más alejados posible unos de otros.

La simetría de los puntos se puede comprobar utilizando el compás de varas.

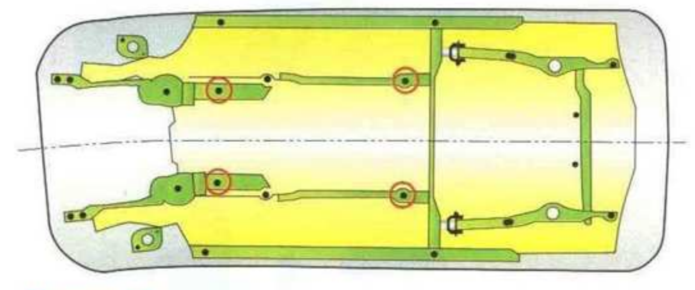
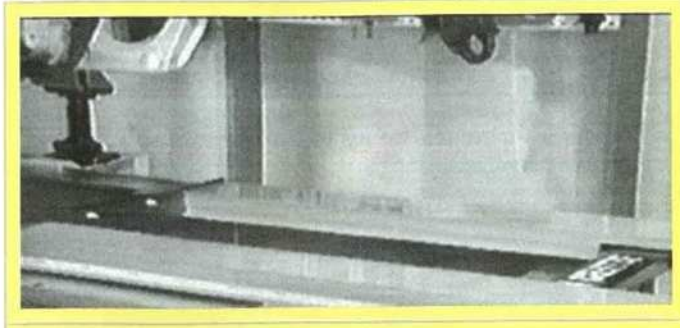


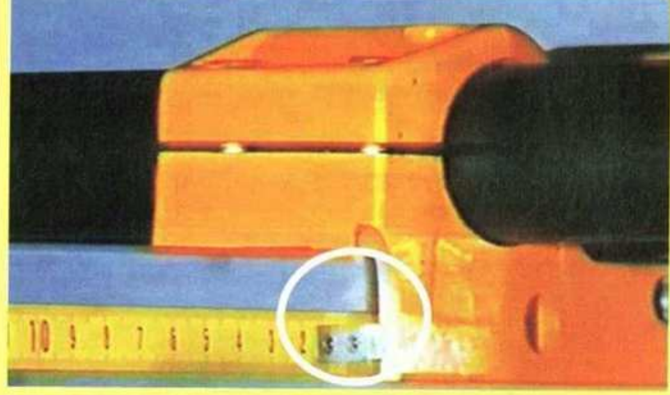
Figura 6.65. Elegir varios puntos de control no dañados por la colisión

6.8.4. Proceso de montaje y centrado del sistema de medida

	La siguiente operación será montar el puente de medida en la bancada.
	Elegidos los puntos de verificación en el vehículo, consultar la ficha técnica de la bancada para saber qué útiles se tienen que montar (tubos, adaptadores, etc.) y en qué posición. Comenzar montando el carro de medida sobre el puente.
	Ajustar la medida de anchura indicada en la ficha.
	Preparar los tubos y los adaptadores especificados en el carro de medidas.
	Ajustar el adaptador en el punto elegido. En algunos modelos de bancadas las medidas de longitud parten de un punto denominado "0".



Repetir las tres últimas operaciones en el lado opuesto.



Colocar la cinta métrica del puente de medida haciendo tope con el carro montado.



Montar otro carro de medida y desplazarlo sobre el puente hacia la zona donde se han elegido los otros puntos de verificación.



Desplazarlo hasta la longitud indicada en la ficha.



Ajustar la longitud de anchura.



Montar el tubo y el adaptador especificado en la ficha y ajustarlo al punto elegido.



Realizar las dos últimas operaciones en el lado opuesto.



El puente de medida ya está centrado respecto de las partes no dañadas, lo que significa que está centrado con relación al vehículo. Desplazándolo a través del puente se podrán comprobar todos los puntos del vehículo.

La comprobación de las zonas dañadas por la colisión se puede realizar de dos formas distintas, que se desarrollan a continuación.

Si al ajustar los adaptadores sobre los puntos elegidos como no dañados se observase una medida distinta a la indicada en la ficha significa que, aunque aparentemente no están dañados, realmente sí lo están. Por tanto, se han de elegir otros puntos más alejados a la deformación.

En la Figura 6.66 se eligieron los puntos A, pero las cotas leídas no son las indicadas en la ficha, resultando necesario pasar a los puntos B.

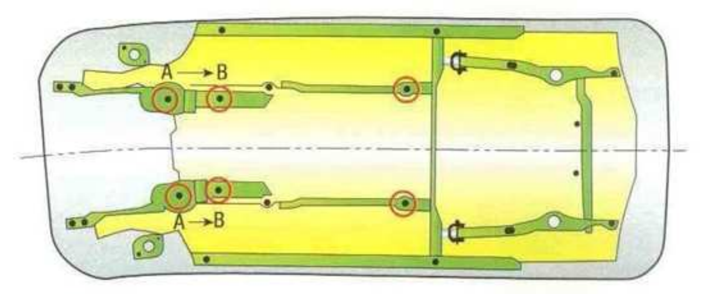


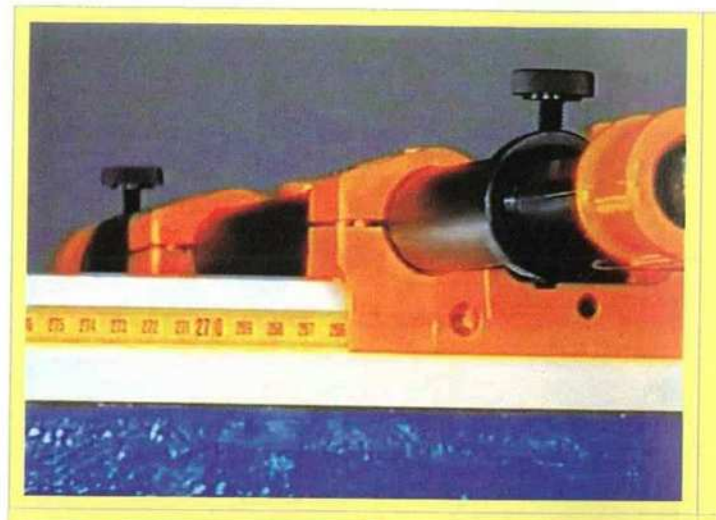
Figura 6.66. Es importante verificar que los puntos elegidos para medir no estén afectados por la colisión

6.8.5. Primer método de diagnóstico

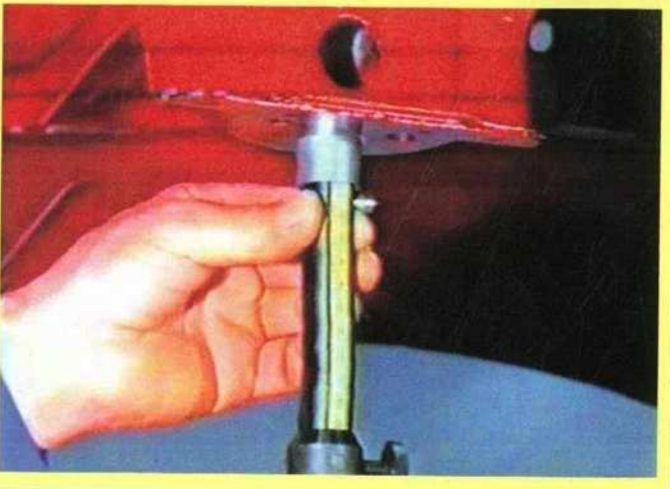
Consiste básicamente en medir las cotas (largo, ancho y alto) de los puntos dañados por la colisión comparándolas con las cotas especificadas en la ficha. Para verificar dónde comienza la deformación es aconsejable iniciar esta operación en zonas anteriores a las que visualmente parecen deformadas para asegurarse de que están dentro de las cotas establecidas en la ficha. A continuación ir avanzando hacia la zona que claramente está deformada.

De la comparación de las cotas reales y las cotas establecidas en las fichas se podrá cuantificar la deformación y la forma o secuencia de establecer los tiros de enderezado.

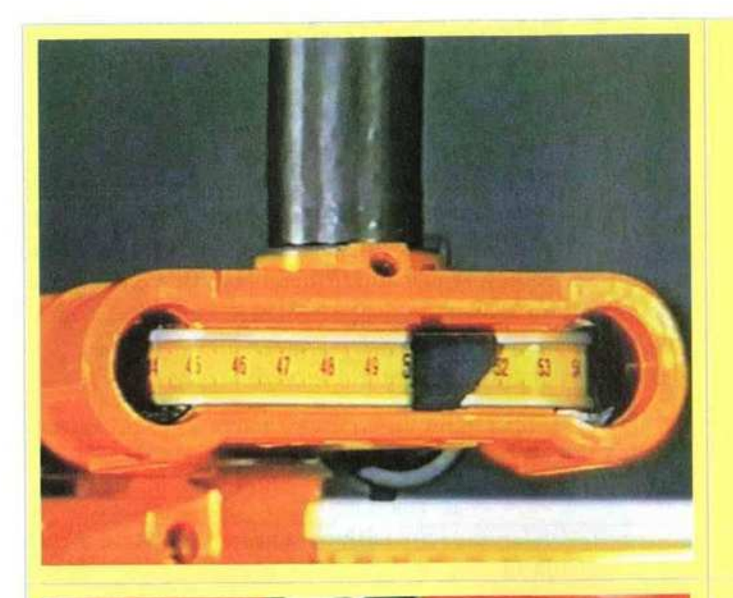
A continuación se establece una secuencia de cómo se desarrollaría este método con una bancada Car-O-Liner.



Colocar otro carro de medida sobre el puente con los útiles precisos para controlar los puntos elegidos.



Ajustar el adaptador al punto elegido y dejarlo bloqueado para poder comprobar las cotas.



Comprobar las cotas de anchura.



Altura



Longitud.

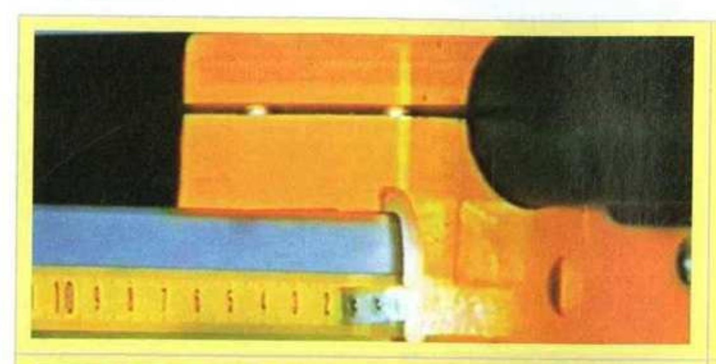
Anotar las medidas anteriores y comparar con las cotas de la ficha técnica.

Realizar esta operación en distintos puntos para establecer su grado de deformación y su secuencia de reparación.

6.8.6. Segundo método de diagnóstico

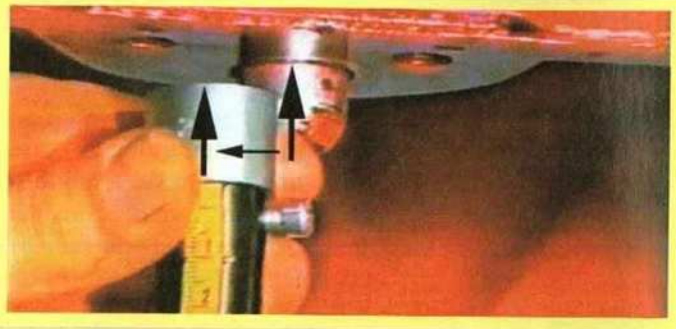
En este caso se trata de montar todos los útiles de medida a las cotas indicadas en la ficha técnica para los puntos elegidos y observar visualmente la diferencia que existe entre dónde tendría que estar y dónde está realmente. Este método permite hacerse una idea de forma gráfica de cómo se deben realizar los tiros, aunque en muchas ocasiones no se pueden realizar por la configuración de la propia deformación. El método anterior es un sistema más completo, pues permite hacerse una idea más amplia de la deformación, ya que se pueden tomar las cotas de distintos puntos antes de realizar los tiros.

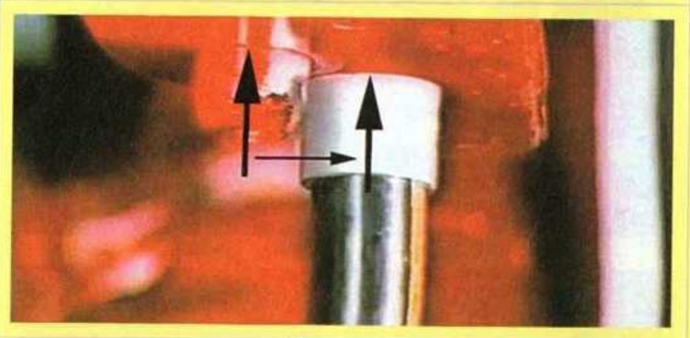
A continuación se establece una secuencia monográfica sobre la forma correcta de realizar estas operaciones.



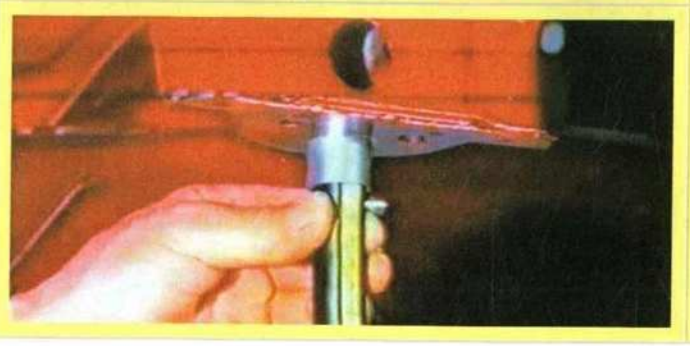
Instalar un carro de medida con los útiles adecuados para cada punto que se desea analizar.

Fijarlos a las cotas establecidas en la ficha.





Observar la diferencia existente entre el adaptador y el punto elegido. Dicha diferencia representa la deformación que ha producido la colisión en ese punto.



Si el útil entra correctamente es que no hay deformación.

6.8.7. Comprobación de la parte superior

Los sistemas explicados hasta ahora sirven para comprobar todos los puntos de la parte inferior de la carrocería, pero las deformaciones también se pueden producir en la parte superior, como es el caso de la zona de anclaje de la suspensión Mac Pherson o el techo del vehículo. Para estos casos, todas las bancadas disponen de unos accesorios que se acoplan al puente de medida y sirven para medir las cotas (largo, ancho y alto) de cualquier punto exterior y elevado de la carrocería (Figura 6.67), o simplemente para poder establecer su correcta posición por comparación de aquellos puntos exteriores que sean simétricos.

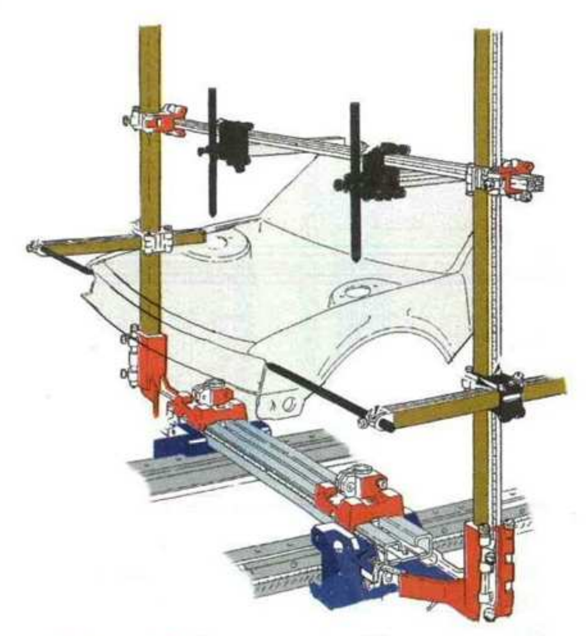


Figura 6.67. Útiles verificación parte superior del vehículo

A determinados modelos se les puede incorporar un compás de simetría para realizar las comparaciones de forma más rápida, tanto con mecánica montada, como desmontada (Figura 6.68).

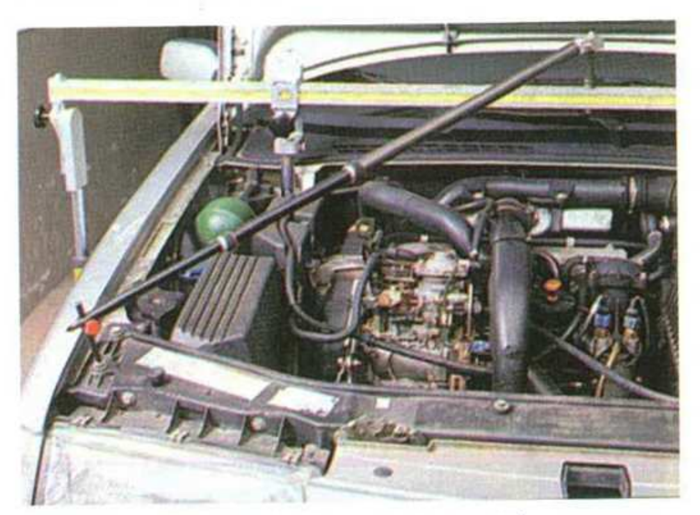


Figura 6.68. Compás de simetría

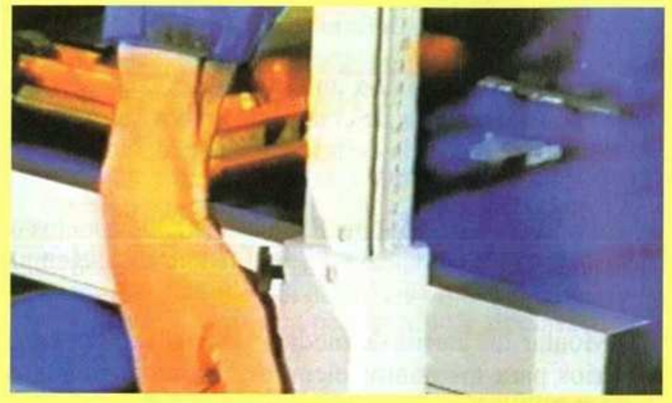
Independientemente del modelo, en todos los casos se parte del centrado previo del puente de medida, al que se le incorpora una base, sobre la que se instalan unos pilares calibrados que, a su vez, sujetan una barra de medida, por la que se desplazan los adaptadores que controlan los puntos elegidos.

A continuación se desarrolla el proceso de la instalación y comprobación de uno de estos útiles.



Montar la base del útil sobre el puente de medida y desplazarlo a la medida indicada en la ficha.

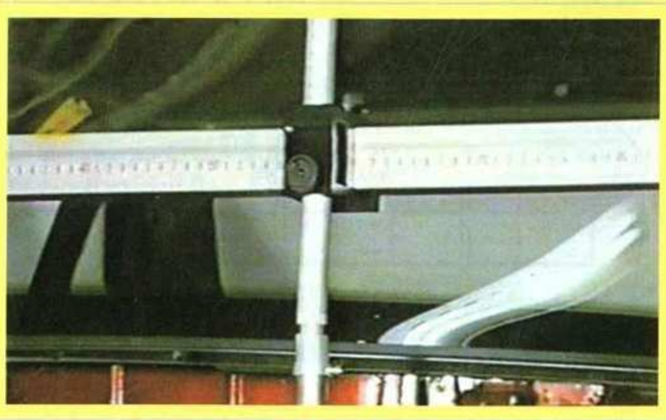
Previamente se ha centrado el puente de medida con un mínimo de cuatro puntos simétricos no afectados por el golpe.



Montar las barras calibradas que hacen de pilares y ajustar a la altura adecuada los soportes de la barra de medida.



Fijar la barra de medida transversal ajustando las medidas según la ficha.



Colocar los adaptadores específicos para el punto a comprobar y leer la medida que indica, comparándola con las que aparecen en la ficha para verificar si están dentro de la medida o existe alguna deformación.

Por último, con relación a estos aparatos de medida, conviene observar siempre las precauciones generales para la conservación de cualquier aparato de medida:

- No forzarlo.
- No golpearlo.
- Guardarlo siempre en su armario, perfectamente ordenado.
- Protegerlo de las proyecciones de soldadura.
- Realizar de forma periódica su calibrado para asegurarse de que las medidas que se toman son las correctas, de lo contrario se podría llegar a reparaciones defectuosas. El calibrado se debe realizar con los útiles adecuados (Figura 6.69), realizado por personas especializadas.



Figura 6.69. Calibrado de los útiles

6.8.8. Diagnóstico de un vehículo con un golpe fuerte en el lateral

El proceso explicado en el apartado anterior es aplicable en el supuesto de que la carrocería tenga un mínimo de tres o cuatro puntos de control sin deformación, pero se puede presentar un vehículo con una colisión lateral muy fuerte donde sólo se disponga de puntos de control de un lateral. En estos casos el equipo de medida se centrará utilizando al menos dos puntos de control del mismo lateral no deformado, realizándose como se explica a continuación.

En la Figura 6.70 se observa un vehículo que tiene un fuerte golpe lateral (en banana), aunque también se puede presentar este caso en un golpe en forma de diamante.

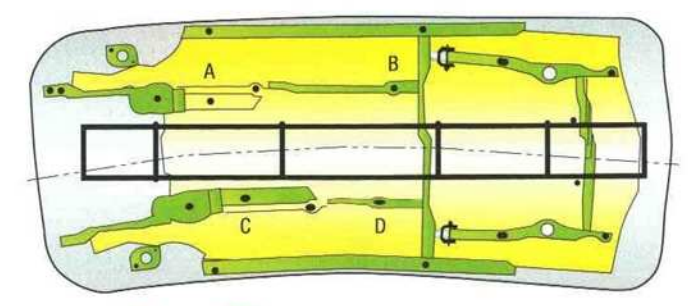


Figura 6.70. Deformación "en banana"

A simple vista o con un compás de varas se comprueba que los puntos de control de ambos lados no son simétricos, debido a la deformación producida en la colisión.

Montar el puente de medida y detectar dos puntos de control del lado no dañado por la colisión. En el ejemplo los puntos A y B no están dañados.

Montar los carros de medida y los adaptadores necesarios para los puntos elegidos, posicionándolos en las cotas indicadas en la ficha (longitud, anchura y altura).

Como los carros se desplazan de forma paralela a través del puente, al posicionar el carro a las medidas correctas en los dos puntos de un lado, el puente queda centrado en relación con la carrocería, pudiéndose observar en el lado opuesto del carro de medida la diferencia con sus puntos simétricos.

En la Figura 6.71 del ejemplo sólo se pueden observar las diferencias de longitud y anchura entre los puntos C/C" y D/D", pero desde luego también pueden existir diferencias de altura.

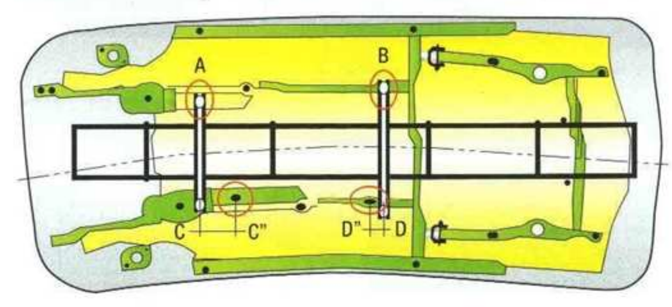


Figura 6.72. Deformación entre los puntos C/C" y D/D"

6.9 Sistema de medición informatizado

Éste es uno de los más modernos sistemas de control de la carrocería, posibilitando un completo diagnóstico de todas las cotas, de forma fácil y rápida, sin necesidad de tener grandes conocimientos de informática, permitiendo:

- Verificar todos los puntos de control, tanto con la mecánica montada como desmontada.
- Verificar las partes externas de la carrocería.
- Controlar el desplazamiento de los puntos de control durante la reparación.
- Su utilización se puede realizar con el vehículo montado en la bancada, en un elevador o en el suelo.
- Medir puntos que no están en la ficha técnica por comparación.
- Imprimir toda la información cuando se la solicite, por ejemplo antes de la reparación y una vez concluida la misma para certificar su correcta reparación.
- Crear un historial del vehículo para futuras consultas.

En el mercado existen distintos modelos (Figuras 6.73 y 6.74), pero básicamente el equipo suele estar compuesto por:

- **Un brazo palpador.** Es el encargado de establecer la posición exacta de cada uno de los puntos de la carrocería que se desea verificar.
- **Una regla calibrada.** Tiene incorporado un carril por donde se desplaza el brazo de medida e informa del control de las medidas longitudinales.
- **El sistema informático.** Está compuesto por una serie de elementos informáticos (ordenador, impresora, etc.) capaces de recibir, almacenar y comparar las medidas enviadas por el brazo palpador y la regla calibrada. Algunos modelos tienen incorporado un sistema de emisión y recepción sin necesidad de cable (por infrarrojo o radiofrecuencia), que facilita la libertad de movimiento en el desarrollo de la reparación.
- **El programa informático.** Es el encargado de facilitar la información al operario del vehículo en reparación, así como las opciones de trabajo necesarias para realizar la misma, permitiendo en todo momento comparar la medida real del vehículo con la establecida por la ficha técnica, informando de las variaciones existentes.

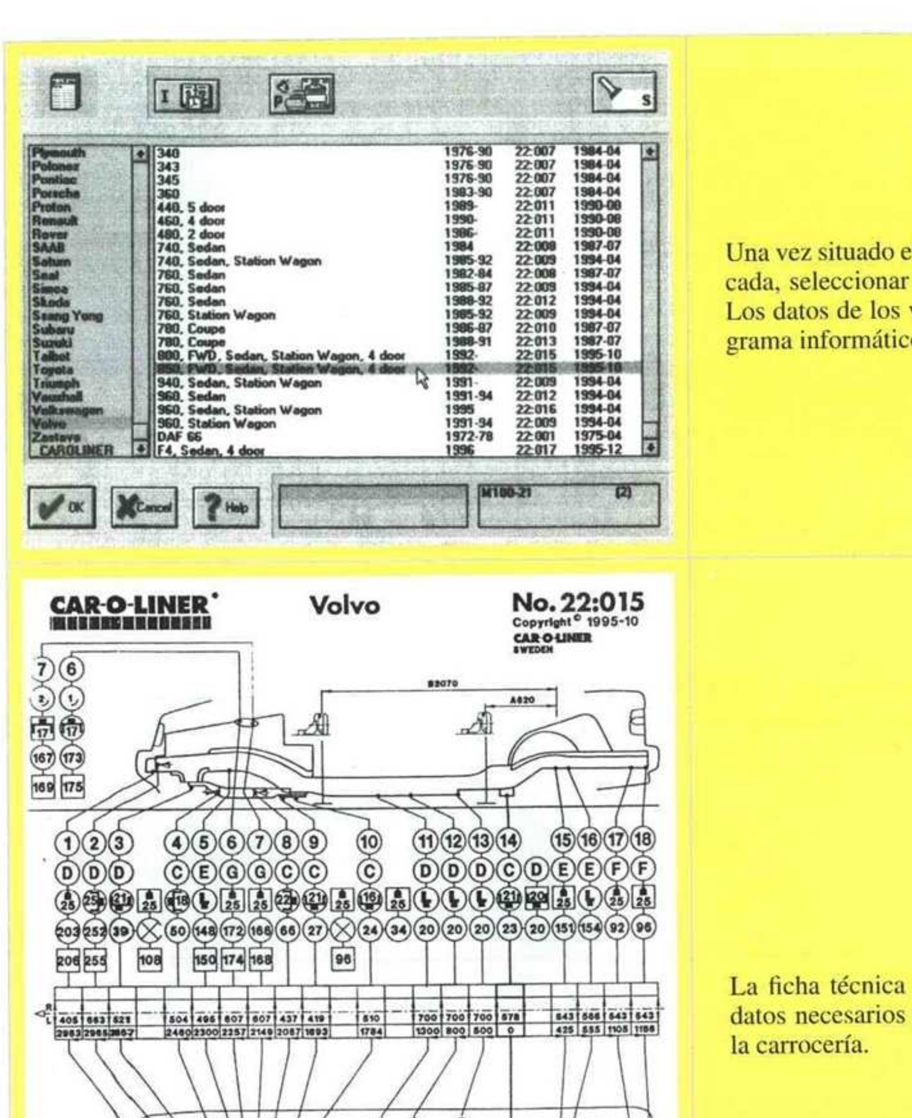


Figura 6.73. **Sistema informatizado de medición**



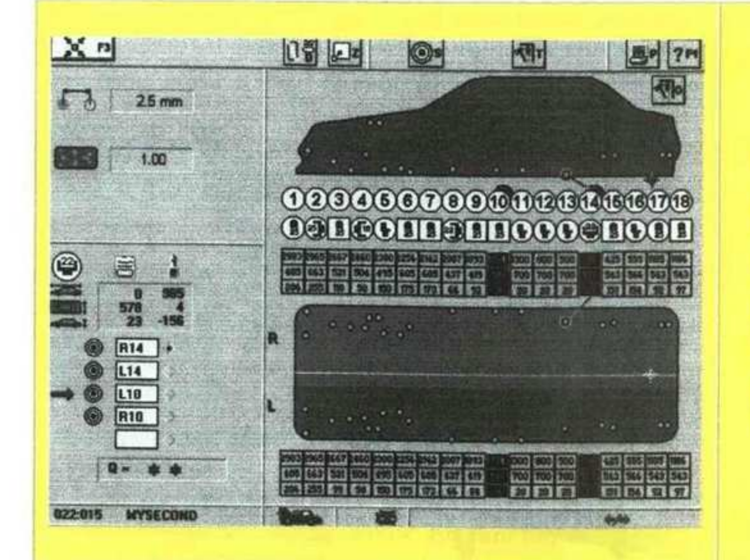
Figura 6.74. **Sistema informatizado de medición**

A modo de ejemplo se describe de forma genérica el proceso para medir con el sistema Car-O-Tronic.



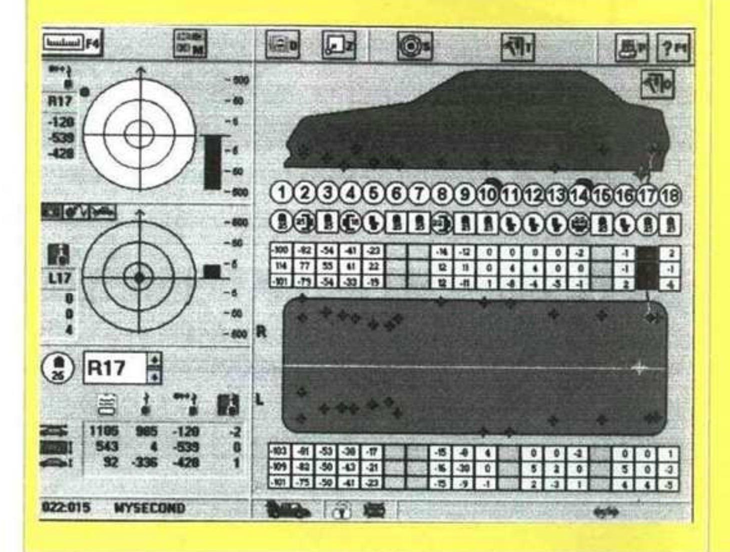
Una vez situado el vehículo sobre el elevador o en la bancada, seleccionar la ficha técnica del vehículo a reparar. Los datos de los vehículos están incorporados en el programa informático.

La ficha técnica aparecerá en la pantalla con todos los datos necesarios para controlar los puntos de control de la carrocería.



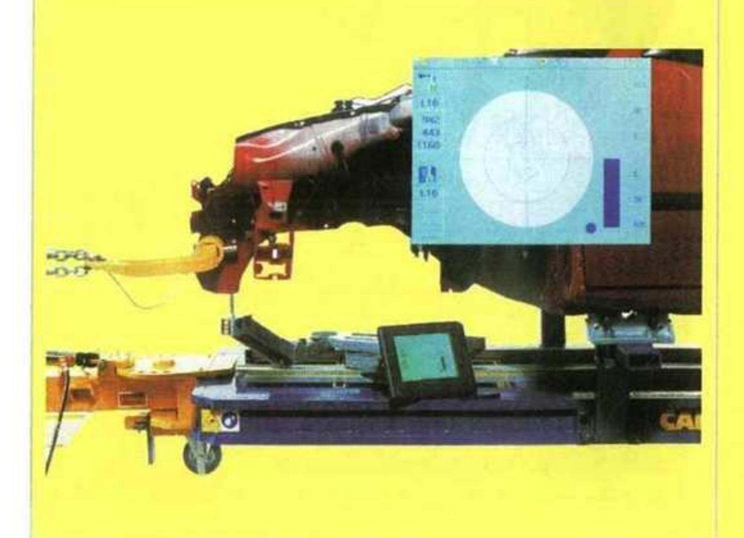
Instalada la regla calibrada debajo del vehículo, elegir la opción de centrado. Aparecerán en la pantalla todos los puntos de control.

Para centrar el equipo de medición basta con elegir tres o cuatro puntos no afectados por la deformación enviando una señal al ordenador en cada punto. El ordenador realizará los cálculos necesarios para obtener la posición del vehículo, con el fin que las medidas tomadas se correspondan con el centrado del aparato de medida.



Eligiendo la opción de medidas del punto, aparecerá en el lado derecho de la pantalla un vehículo con todos los puntos de control, y en el lado izquierdo dos círculos en forma de diana, uno para el lado izquierdo del vehículo y otro para el lado derecho.

Cada vez que se controle un punto, se traduce la posición del brazo palpador en datos tridimensionales, que aparecen en la pantalla de forma gráfica y numérica.



La interpretación gráfica se realiza a través de un punto que se corresponde con la posición real del palpador. Si se encuentra en el centro del círculo quiere decir que está dentro de la tolerancia, de lo contrario, informa hacia dónde se tiene que realizar el tiro.

6.10 Sistema de medición por láser

Este sistema de medida está basado en el uso de un haz de luz láser que tiene la propiedad de emitir un rayo luminoso con un diámetro constante, independientemente de la distancia. El nombre de láser proviene del significado de su palabra (Light Amplified by Stimulated Emisión of Radiation), "luz amplificada por emisión estimulada de radiación".

El equipo está compuesto por (Figura 6.75):

- Dos guías de deslizamiento horizontales (1).
- Una fuente de rayos láser (2).
- Un sistema óptico de reflexión motorizado (3).
- Escalas de medidas transparentes milimetradas (4).
- Un sistema informático.

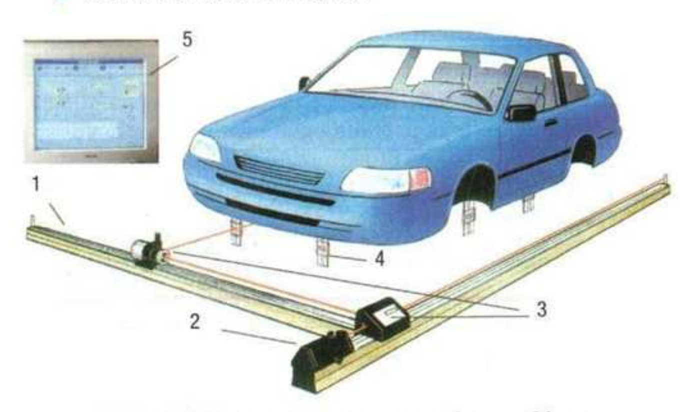


Figura 6.75. **Sistema de medición por láser**

El equipo permite la comprobación de los puntos de control con y sin mecánica montada, y se puede utilizar tanto en bancadas como en elevadores, permitiendo su uso inclusive durante el proceso de reparación.

Las escalas transparentes se posicionan en los puntos de medición indicados en la ficha técnica (Figura 6.76). El proyector láser envía el rayo al sistema óptico motorizado, el cual ilumina las escalas de medición desde varios ángulos y mide la posición exacta en tres coordenadas.

El sistema se autocalibra, aunque el vehículo y el sistema de medida no estén paralelos, el ordenador puede calcular la posición del vehículo y especificar exactamente el centro lineal del mismo.

El aparato de medida reenvía los datos obtenidos vía infrarrojos al ordenador, el cual calcula y compara automáticamente estos datos con la información de la ficha técnica. Cualquier diferencia de cotas se puede leer directamente en la pantalla, junto con información complementaria que indica si las medidas obtenidas se encuentran dentro de tolerancia.



Figura 6.76. **Posición de las escalas transparentes**

6.11 Sistema de medición acústico



Figura 6.77. **Sistema de medición acústico**

El fundamento de este sistema se basa en la propiedad del sonido para propagarse a una velocidad constante. Esta característica hace que sea posible medir con exactitud el tiempo que tardan las ondas en desplazarse entre dos puntos. Ya que, de acuerdo al tiempo que transcurre desde la emisión hasta la recepción, se determina la distancia entre ambos puntos.

El equipo (similar al medidor láser) puede medir los puntos de control con y sin mecánica.

En el mercado existen distintos sistemas, pero básicamente constan de un conjunto de emisor y receptor de ultrasonidos gestionados por un programa informático. Una vez seleccionada la ficha técnica del vehículo que se encuentra en el programa informático, el emisor se posiciona en los puntos a controlar y emite unas ondas que son captadas por el receptor. En función del tiempo que las ondas tardan en recorrer el trayecto, el ordenador calcula la posición del punto y lo compara con los valores memorizados en la ficha, indicando en la pantalla de forma gráfica y numérica el resultado de la medición.

Este sistema también puede medir por comparación cualquier parte del vehículo.

6.12 Sistema de control positivo

Este sistema de comprobación fue uno de los primeros que se diseñaron para la comprobación de las carrocerías, su facilidad y sencillez de utilización ha hecho que perdure hasta la actualidad.

Básicamente consiste en comprobar directamente la alineación de la carrocería utilizando unos útiles que el fabricante de la bancada ha diseñado en función de las cotas proporcionadas por los fabricantes de vehículos para cada punto de control (Figura 6.78). La comprobación se realiza sin necesidad de ningún tipo de medición, solamente verificando que los útiles se adaptan o se acoplan correctamente al punto indicado (Figura 6.79). Si no es así, se realizarán los tiros de tracción necesarios hasta conseguir el acoplamiento. La comprobación se puede realizar tanto con mecánica montada como desmontada.

Este sistema de medición aporta una serie de ventajas como son:

- Su sencillez de utilización.
- Eliminación de los criterios de tolerancia, ya que el conjunto está diseñado con estas tolerancias.
- Actualmente el sistema es semiuniversal, debido a que las torres y las traviesas son comunes para todos los vehículos, sólo los cabezales son específicos para cada vehículo.
- Su sistema de fijación es muy completo y robusto.

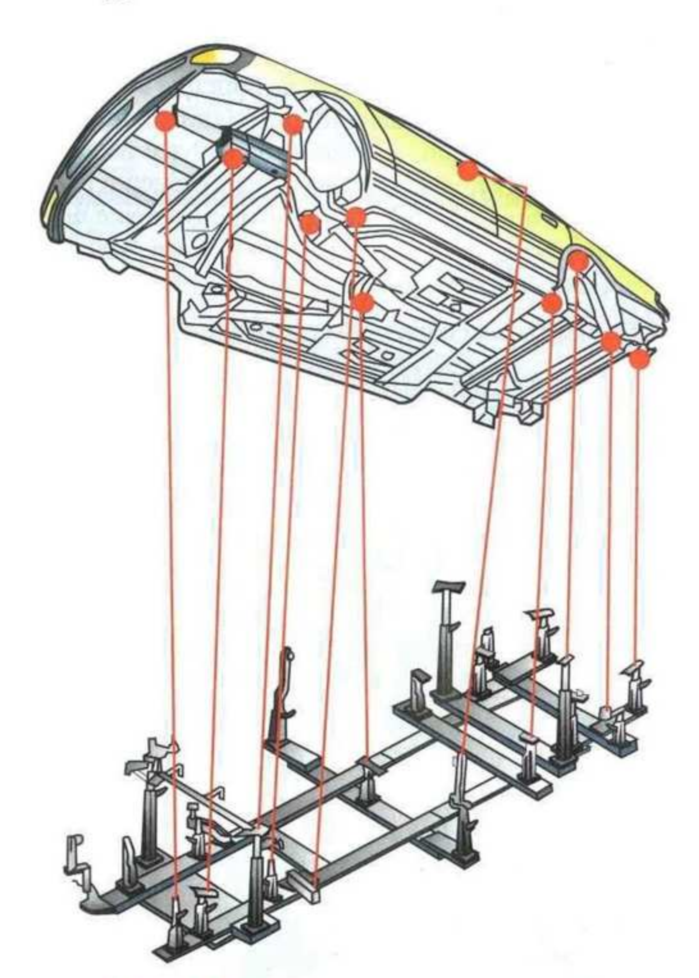


Figura 6.78 Sistema de control positivo

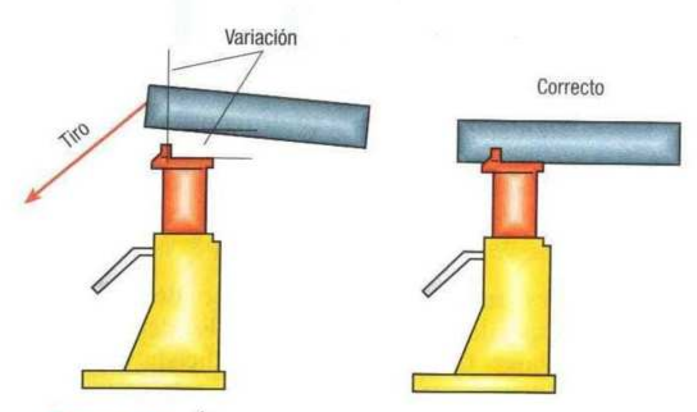


Figura 6.79. Útiles comprobación puntos de control

El inconveniente que tiene este sistema es que para cada modelo de vehículo se necesitan unos cabezales distintos, con el coste económico que esto significa. Para solventar este problema, los fabricantes que comercializan este sistema de medida ofrecen la posibilidad de adquirir unos útiles básicos, que son comunes a todos los modelos, y el resto de los útiles los proporcionan en función de la necesidad del taller en régimen de alquiler.

El equipo se utiliza sobre un bastidor que está preparado para acoplar el sistema, lo que significa que antes de montar el vehículo en la bancada se hace necesario realizar un prediagnóstico visual y seguidamente con el compás de varas, para verificar que efectivamente uno o varios puntos no están dentro de las cotas establecidas por el fabricante del vehículo.

El sistema está compuesto por (Figura 6.80):



Figura 6.80. Bancada control positivo

- **Traviesas modulares** de sección tubular, cuya parte superior tiene unas series de taladros sobre las que se montan unas torres.
- **Torres universales** en las que se alojan los útiles específicos para cada vehículo, denominados cabezales. Cada torre está identificada y dispone de una marca que indica su colocación correcta y están construidas de un material robusto, capaz de soportar los esfuerzos de tracción necesarios en la reparación.
- **Los cabezales** suelen ser de acero cromado, muy resistente, pero de peso reducido. Se sujetan a las torres con un simple pasador, acoplándose a la carrocería de diferentes maneras en función del punto a medir. Para cada punto existe un acoplamiento específico.

En la ficha técnica de cada vehículo se indica claramente (Figura 6.81):

- La posición de las traviesas sobre el bastidor.
- La posición y orientación de las torres sobre las traviesas.
- Los cabezales correspondientes a los puntos a controlar y su posición dentro de la torre.

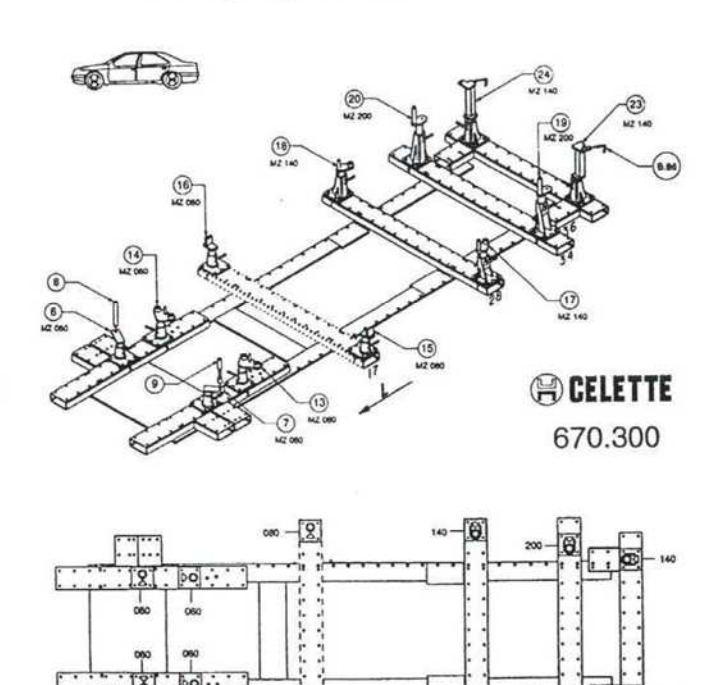


Figura 6.81. Ficha técnica

6.13 Mantenimiento de los sistemas de medidas

Los sistemas de medidas son instrumentos de precisión que siempre se deberán manejar con mucho cuidado para conservar la precisión de sus mediciones. El mante-

nimiento de estos equipos no requiere procesos complicados, pero sí respetar las siguientes normas:

- Limpiar el puente de medida, los adaptadores y los tubos de extensión después de cada uso.
- Guardar siempre las partes del sistema de medición en el carro portaherramientas o en un armario específico.
- Aceitar periódicamente las partes deslizantes de las correderas.
- Al menos una vez al año (antes, en función de su uso), o cuando se sospeche que el sistema de medición ha sufrido daños, deberá comprobarse el equipo con los medios indicados por el fabricante.
- No forzar ni golpear ningún componente del sistema.



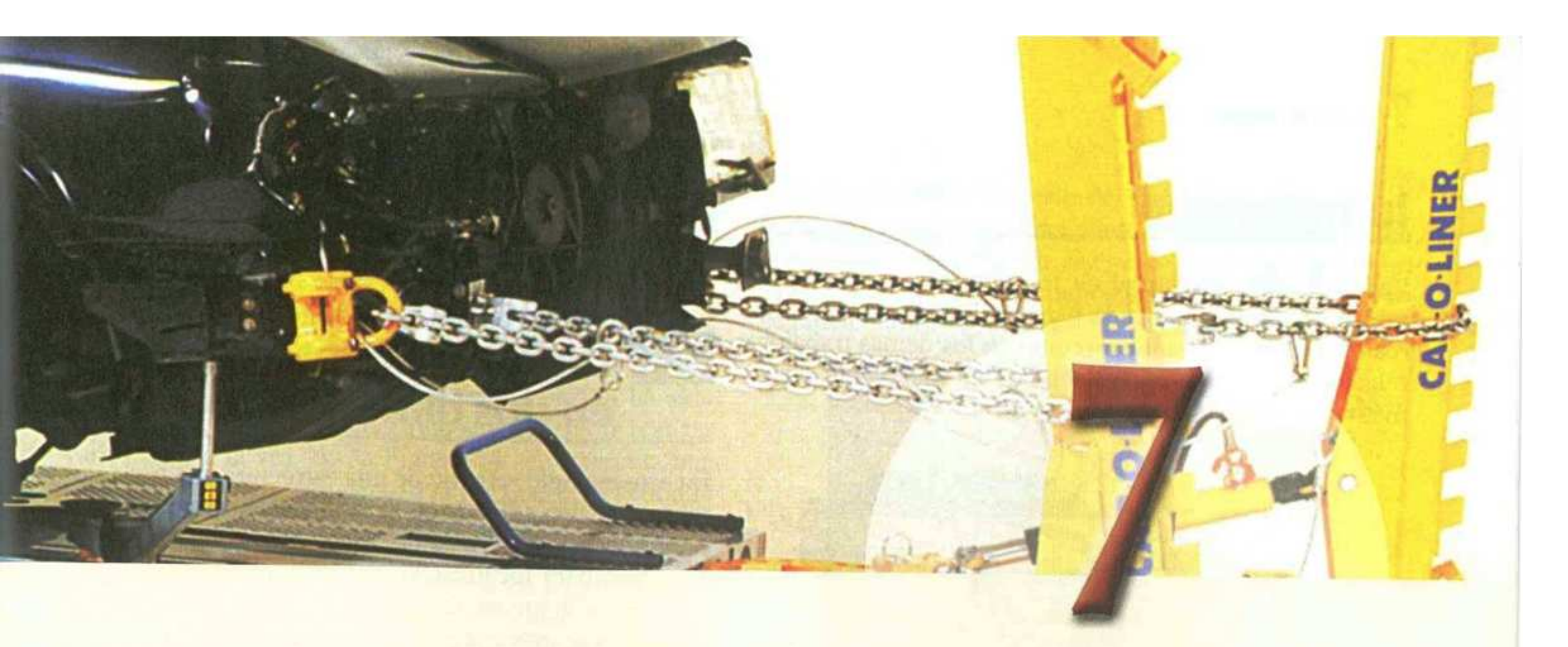
Autoevaluación

1. Explica cuáles son las líneas principales que definen las cotas de una carrocería.
2. Anota los distintos sistemas para comprobar o diagnosticar los puntos de control de la carrocería.
3. Desarrolla los pasos a seguir para realizar un prediagnóstico visual de una colisión.
4. ¿Cuántas medidas se tienen que realizar, utilizando el compás de varas, en cada punto de control para verificarlo por el sistema de comparación? Razona las operaciones.
5. Dibuja la desalineación que se tiene que producir en las galgas de nivel cuando el bastidor tiene una deformación de hundimiento.
6. Precauciones para la conservación de los aparatos de medida.
7. ¿Qué es el compás MZCross?
8. ¿De cuántas formas se puede utilizar el compás de varas?
9. Indica los sistemas más usuales para realizar un diagnóstico con una medición universal.
10. ¿Qué es el sistema de control positivo?



Actividades propuestas

1. Localiza la ficha técnica de un vehículo del taller.
2. Indica las cotas y útiles que son necesarios para controlar el punto nº 8 de la ficha de car - o - line que figura en este tema.
3. Anota qué representan los números 4, 7, 12 y 10 de la ficha técnica de Celette de este tema.
4. Un vehículo ha recibido un golpe lateral por otro vehículo que circulaba a gran velocidad. Anota los elementos que se pueden deformar debido a esta colisión y las comprobaciones que se tienen que realizar.



7 Tiros de tracción

Contenido

Objetivos

- Aprender a establecer un método para realizar los tiros de tracción en la dirección adecuada.
- Comprender los problemas de las tensiones y sobretensiones.
- Estudiar y analizar distintos tiros de tracción.

Introducción

La reparación estructural de la carrocería es una operación que, a priori, puede parecer dificultosa, pero en realidad se trata de aplicar (como en los demás trabajos relacionados con la reparación del automóvil) un buen método de trabajo (Figura 7.1).



Figura 7.1

En reparación se denomina tiros de tracción al proceso de restituir la parte deformada de la carrocería utilizando equipos de tracción. Cuando en una carrocería se ha producido una deformación, el trabajo de enderezado o alineación implica la utilización de los medios descritos en el Capítulo 5, pero el uso exclusivo de esas herramientas no es suficiente, ya que si el enderezado se realiza de forma incorrecta puede provocar una deformación mayor. La fuerza que desarrollan estos equipos se tiene que realizar en el sentido y dirección correcta.

El principio básico para la alineación de la carrocería consiste en aplicar en la misma dirección una fuerza de tracción igual a la fuerza que provocó la deformación, pero en sentido contrario. Como se verá en este capítulo, para llevar las zonas deformadas a sus cotas originales casi nunca se consigue aplicando directamente el principio básico, debido a que la carrocería no se deforma por igual, ya que está compuesta por refuerzos, nervaduras, distintos materiales, etc., siendo necesario realizar distintos tiros hasta conseguir restituir las cotas originales.

La forma más sencilla de determinar dónde realizar el tiro correctamente es aplicar el sentido común e imaginar cómo se tiraría si se hiciera con las manos. Este capítulo está dedicado a estudiar distintas posibilidades para determinar la dirección de la tracción.

En primer lugar se describen sistemas simples para localizar la dirección adecuada, para más adelante exponer ejemplos de tracción sobre vehículo.

7.1 Deformaciones simples en dos dimensiones

En este ejemplo se parte de una estructura cuadrada que representa una colisión en la esquina superior izquierda, provocando la deformación de esa zona (Figura 7.2). En este caso para localizar la dirección en la que se tiene que aplicar la fuerza de tracción necesaria para alinear la estructura se procederá de la siguiente forma:

1º Medir las cotas del punto A deformado (a).

2º Medir las cotas de ese punto si no estuviera deformado A" (b).

3º Trazar una línea que una los dos puntos (c).

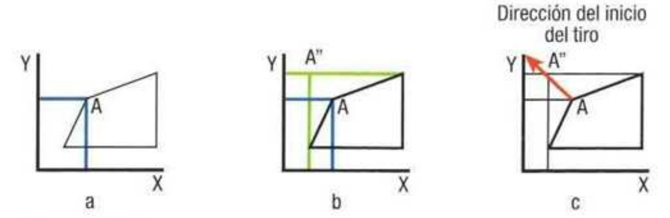


Figura 7.2. Ejemplo de tiro en una deformación simple

La fuerza de tracción se podrá realizar a lo largo del vector que une los dos puntos, pero en sentido contrario a la fuerza deformadora.

El siguiente ejemplo se basa en una barra que ha sufrido un fuerte golpe en su extremo libre provocándole su deformación, a la vez que un aplastamiento de material (Figura 7.3). El proceso de reparación es similar al caso anterior, bien entendido que en ambos casos y una vez realizados los primeros tiros es necesario comprobar la evolución del alineamiento de la estructura, por si hubiese que modificar la dirección del tiro, debido a que el material haya cedido más en una dirección que en otra (por ejemplo, más en longitud que en altura).

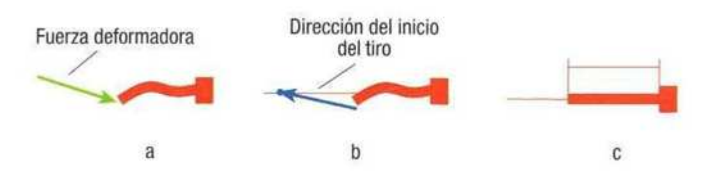


Figura 7.3. Ejemplo de tiro en una deformación simple

En este caso, el tiro se debe realizar desde un punto que esté situado en la línea de prolongación del eje al que se quiere eliminar la deformación (b). Es importante (como en los demás casos) verificar continuamente las cotas establecidas por el fabricante (c) para no provocar otra deformación que difícilmente podría ser reparada.

Si la deformación producida en la colisión ha sido muy pronunciada es posible que sea necesario realizar varios tiros a la vez. En la Figura 7.4 se representa una deformación con hundimiento a la vez que se ha acortado su longitud. En este caso, es conveniente realizar a la vez dos tiros opuestos simultáneos (F_1 F_2), siguiendo la línea del eje para llevarlo a su cota original de longitud, pero, como se ha producido un gran hundimiento, si se intenta conformar esta estructura realizando exclusivamente estos tiros, se podría provocar un alargamiento no deseado del material. Para evitar este problema habrá que realizar a la vez otro tiro de tracción, en sentido opuesto al hundimiento (F_3), para facilitar que la estructura vuelva a su posición original, sin necesidad de forzar los tiros opuestos.

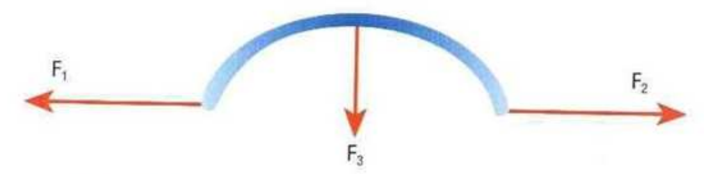


Figura 7.4. Ejemplo de realizar tres tiros a la vez

7.2 Deformaciones simples en objetos tridimensionales

Las deformaciones explicadas anteriormente no suelen tener aplicaciones reales en las colisiones que sufren los vehículos, ya que las carrocerías son estructuras tridimensionales cuyas caras están unidas unas con otras y las fuerzas deformadoras que actúan sobre una cara influyen a su vez en las caras adyacentes, reaccionando en conjunto, produciendo una variación en las tres cotas que define cada punto (altura, longitud y anchura).

La dirección del tiro en estos casos tendrá que tener en cuenta las cotas originales y las cotas del punto o la zona deformada. A continuación se desarrollan unos ejemplos de deformación sobre un cubo para poder analizar la forma correcta de realizar los tiros.

En la Figura 7.5 se encuentra un cubo que sufre una colisión en el punto A, provocándole una deformación hacia el interior que afecta a sus tres cotas (anchura, longitud y altura). La conformación de esta estructura se realiza utilizando el mismo método explicado anteriormente, es decir, se miden las cotas del punto deformado A y se comparan con las cotas del punto B, que se corresponden con las cotas originales de ese punto. La dirección del tiro inicial se encontrará en la unión de ambos puntos, pero en sentido contrario a la fuerza que provocó la deformación.

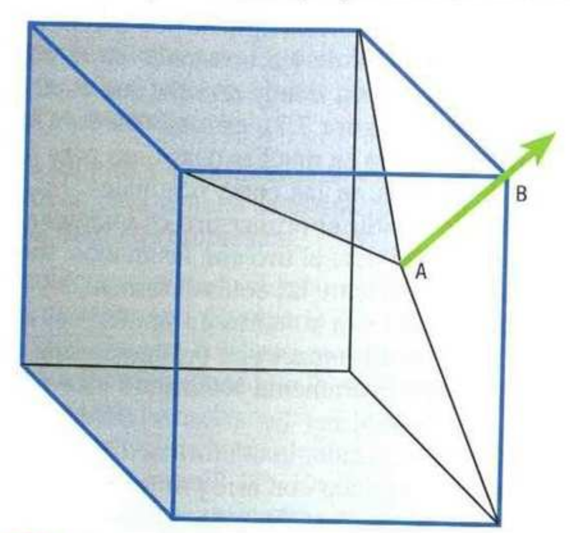


Figura 7.5. Ejemplo de tiro en deformación tridimensional

La magnitud de la fuerza de tracción debe tener en cuenta la capacidad de recuperación del material y su límite elástico, por ello los tiros se realizan en varias fases, comprobando en cada una de ellas la reacción que han producido.

Si la deformación se ha producido en una superficie amplia, en vez de en un punto, el tiro es necesario realizarlo en varios puntos a la vez, pues si se realiza en un solo punto se puede provocar una reacción no deseada. En el ejemplo de la Figura 7.6 la dirección del tiro se localiza igual que en los casos anteriores, pero realizando

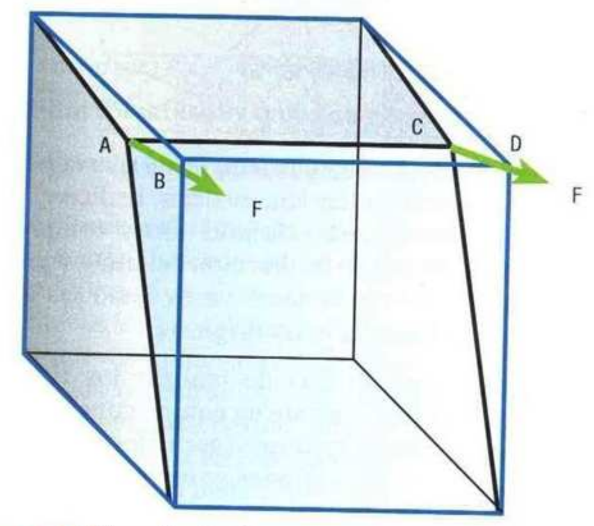


Figura 7.6. Ejemplo de tiro en deformación tridimensional

a la vez dos tiros F desde dos puntos distintos. De esta forma la alineación de la estructura se realizará de manera segura, más rápida y segura.

En las deformaciones que se producen en las carrocerías es posible determinar con exactitud las cotas deformadas, pero las cotas originales se tienen que establecer en la mayoría de las ocasiones en el espacio, es decir, imaginando en dónde tendría que estar en su posición correcta (Figura 7.7), esto es debido a la dificultad que se presenta en muchas ocasiones para montar los útiles de medida en las cotas originales. La forma más sencilla de decidir el primer tiro es imaginar cómo se realizaría si se hiciera el tiro con las manos, trazando una línea imaginaria entre las cotas deformadas y las cotas originales, aplicando la fuerza en sentido contrario a la deformación. Si el impacto ha producido una deformación pequeña, seguramente realizando este tiro será suficiente para restablecer las cotas originales, pero si la deformación es grande, la conformación de la carrocería no se podrá realizar con este primer tiro, ya que su desplazamiento dependerá de la configuración espacial, solución constructiva (resistencia de los materiales, configuración, anclaje, etc.). Se tendrán que realizar varios tiros y comprobar con frecuencia las cotas y decidir la nueva dirección del tiro.

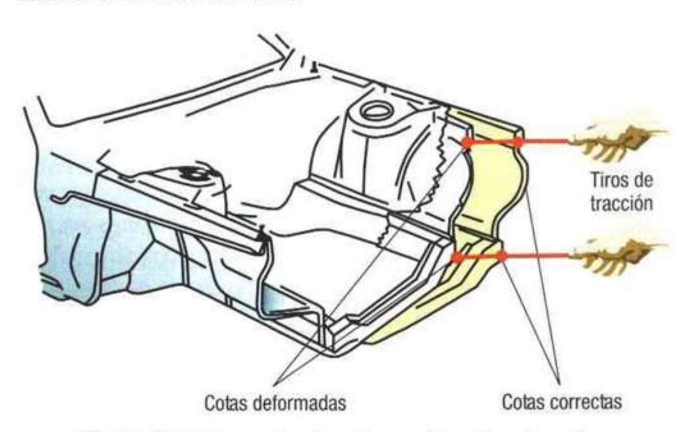


Figura 7.7. Ejemplo de cómo visualizar los tiros

Las cotas se comprobarán siempre sin que la zona a reparar esté sometida a tensión, es decir, realice el tiro, observe su desplazamiento, afloje el tiro y compruebe las cotas, decida de nuevo la dirección del tiro y vuelva a repetir la misma operación tantas veces como sea necesario hasta restablecer las cotas originales.

Existen diversas formas de realizar los tiros de tracción y para cada una existe un equipo concreto tal y como se explicó en el Capítulo 6 (escuadras, columnas y tiros vectoriales), en ocasiones se tendrá que utilizar la combinación de más de un método. Con el sistema de escuadra y columna el tiro realizado es prácticamente constante, pero para reparar determinadas deformaciones se necesita tirar progresivamente en más de una dirección, en estos casos es más práctico utilizar el sistema vectorial, que está basado en los sistemas de fuerzas angulares determinado por la configuración de un triángulo formado por un pistón hidráulico y una cadena, la cual, uno de sus extremos está anclado a la parte deformada y el otro a una zona fija indeformable. Cuando el pistón ejerce presión la cadena se tensa y uno de los lados se desplaza. Evidentemente será el lado anclado a la carrocería, llevando la zona deformada en la dirección establecida. Este desplazamiento se puede continuar hasta que el extremo anclado alcance la perpendicular, si se sigue provocando el desplazamiento la cadena estará expuesta a una sobrecarga no deseada y se cambiará la dirección del tiro (Figura 7.8).

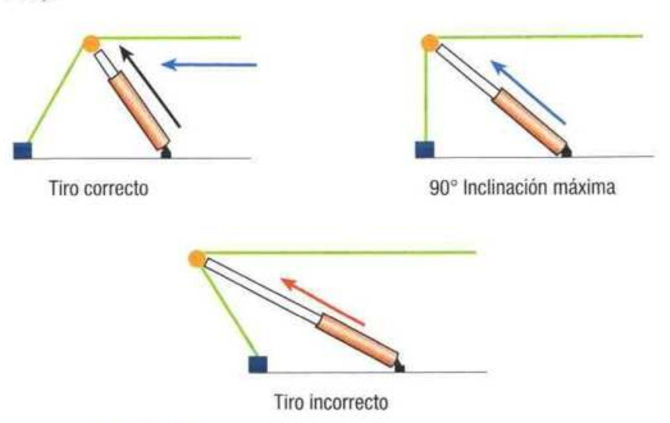


Figura 7.8. Posiciones de tiros vectoriales

7.3 Sujeción, tensiones y sobretensiones

Analizada la deformación y determinada la dirección del tiro necesario para conformar la carrocería, es muy importante realizar una buena sujeción del útil que va a aplicar la fuerza.

La línea de tiro debe pasar por el centro de sujeción de la pinza o útil. Si se realiza la fuerza en una posición distinta se producirá una fuerza giratoria que puede provocar la deformación del punto de anclaje o de las zonas adyacentes.

En la Figura 7.9 se muestra la forma correcta de realizar el tiro en el correspondiente útil de anclaje.

Cuando se produce una deformación plástica, la estructura granular se desajusta con relación a su forma original (Figura 7.10).

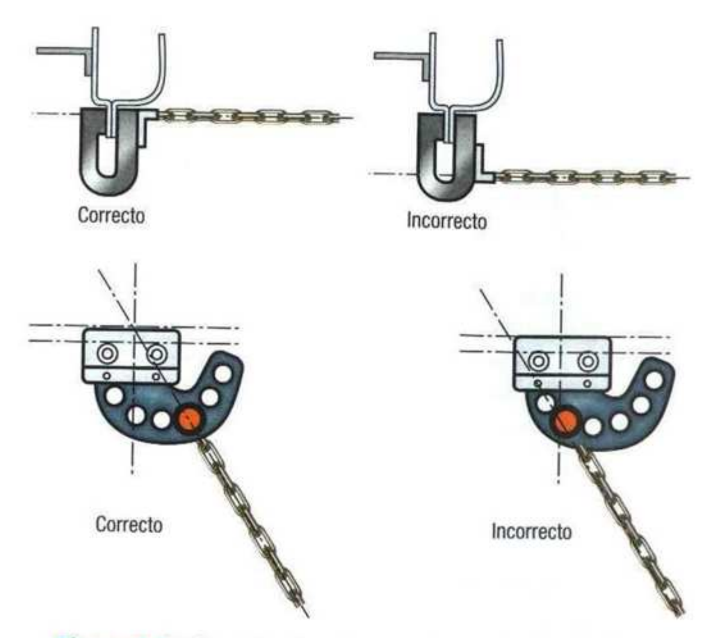


Figura 7.9. Ejemplo de cómo realizar distintos tiros

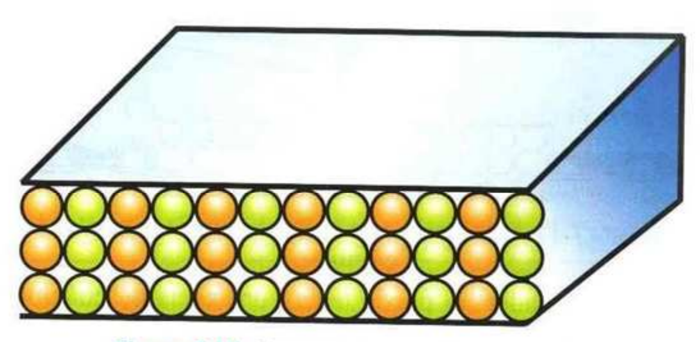


Figura 7.10. Estructura granular correcta

En la nueva configuración de la estructura después de la colisión (Figura 7.11), los granos que están en el exterior de la chapa se distorsionan, alargándose todo lo que le permite su forma geométrica. Los granos que se encuentran en el interior también están distorsionados, pero por compresión, debido a que el espacio que ocupaban los granos se ve reducido considerablemente. Los que se encuentran entre las dos zonas también se encuentran deformados, dependiendo esta deformación de las zonas más cercanas. En definitiva, toda la estructura está sometida a unas tensiones que hacen que la deformación se mantenga.

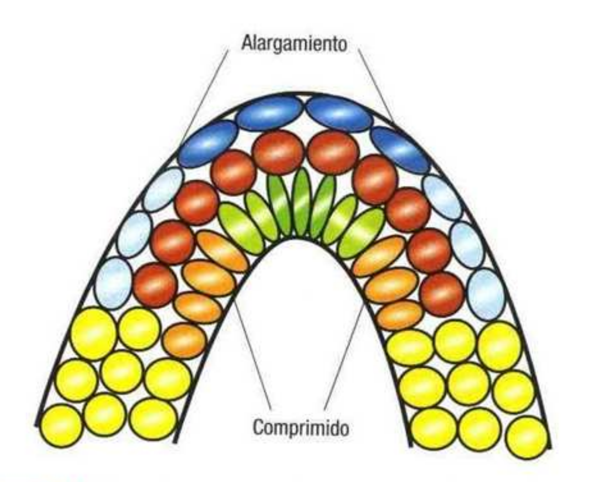


Figura 7.11. Estructura granular con tensión y deformada

Los dibujos representados en este tema sólo son esquemáticos para simular la estructura interna del material y facilitar su compresión.

Cuando se trabaja la chapa para reparar una colisión no es suficiente con devolverle sus cotas originales, ya que lo único que se consigue es darle su forma superficial. En su interior puede que la estructura granular siga con distorsiones, o incluso que al aplicar los tiros de enderezado se provoquen otras deformaciones estructurales de los granos (Figura 7.12). En definitiva, la estructura está sometida a tensiones internas que provocan que se encuentre en un estado inestable, pudiendo tener como consecuencia que en una nueva colisión (aunque sea de una menor intensidad que la producida anteriormente) la chapa se deforme con mayor facilidad.

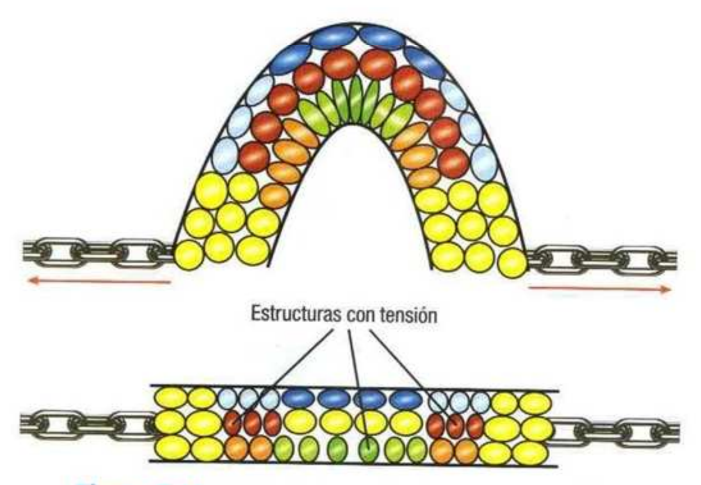


Figura 7.12. Estructuras granulares con tensión

La eliminación total de estas tensiones se consigue con la recristalización de la estructura, proceso que consiste en que en el metal deformado aparecen nuevos núcleos de cristalización, alrededor de los cuales surgen nuevos granos de los fragmentos de los granos deformados o destruidos. Generalmente se considera que la temperatura óptima de recristalización es, en grados absolutos o Kelvin, la mitad de la temperatura de fusión de dicho metal. A la temperatura de recristalización, la eliminación de tensiones de los granos destruidos, así como el aumento de su tamaño, es decir, el

crecimiento de los granos se verifica muy lentamente, acelerándose al elevar la temperatura de calentamiento. En la velocidad de crecimiento de los granos influye notablemente la magnitud de la deformación anterior. Si hubo un grado de deformación considerable, el grano crece poco.

Como el metal deformado no se debe calentar, para no alterar sus propiedades, se puede disminuir la distorsión de la estructura provocada por la deformación distribuyendo la energía almacenada (tensiones y compresiones) en esa zona, golpeando el metal en frío.

En la reparación de la carrocería no es aconsejable el calentamiento del metal para su conformación, pues en principio el reparador desconoce la temperatura de fusión del material, además los aceros HSS no deben de calentarse. La aplicación de calor, sobre todo si es con una llama oxiacetilénica, produce oxidación y descarburación del metal, provocando pérdida de material y su ablandamiento. El calentamiento de la carrocería sólo se puede realizar en aquellos casos que está indicado por el fabricante del vehículo. En estos casos el control de la temperatura que va adquiriendo la chapa se realiza con el lápiz de calor, para ello recuerde que tiene que marcar la zona a calentar cuando aún está fría. Al llegar a la temperatura de referencia del lápiz la marca se licuará.

En el caso de aplicar calor, recuerde las siguientes recomendaciones:

- No intente realizar esta operación fijándose exclusivamente en el color del metal, pues es un método poco exacto y trabajaría con una banda de grados muy amplia.
- No realice esta operación en zonas que no se tenga acceso por el otro lado, como pueden ser los largueros, ya que nunca podrá proteger de la corrosión la zona interior.
- No enfríe bruscamente la zona calentada con agua o aire. Un enfriamiento brusco puede provocar que se endurezca el metal superficialmente y se vuelva frágil (temple) y quebradizo.

Para eliminar las tensiones internas en la conformación en frío de una carrocería es necesario golpear con el martillo la zona deformada y las zonas adyacentes, mientras el equipo de tracción aún tiene sometida la zona deformada en tensión (Figura 7.13). Estos golpes no han de ser excesivamente fuertes, para no provocar deformaciones puntuales; de igual forma se utilizará un martillo con una base amplia para que ocupe un área más grande. Esto se produce debido a que la estructura granular deformada por alargamiento o compresión tiende a recuperar su estado original. Al realizar el tiro de tracción y darle a la chapa su forma original, muchos granos recuperarán su estado inicial, otros en cambio necesitarán una energía adicional que provoque el deslizamiento de los granos para ayudarlos a volver a su estado natural. Esta energía es transmitida por el golpeteo del martillo y se ha de realizar para que sea efectivo cuando el equipo de tracción está realizando la fuerza conformadora. Por último, puede que un número indeterminado de granos, debido a su deformación o destrucción, no logre recuperar su estado original, quedándose con la tensión adquirida en la deformación.

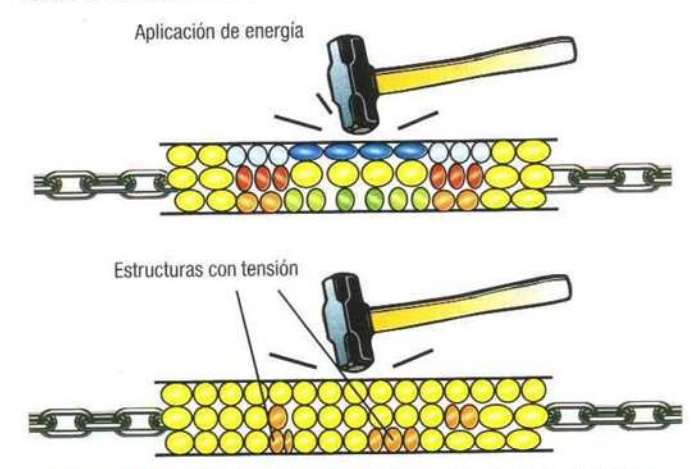


Figura 7.13. Eliminación de la tensión de la estructura granular

El reparador no puede tener constancia de cuántos granos han quedado correctamente y cuántos deformados o destruidos al realizar la conformación de la carrocería, pero tiene la certeza que si respeta correctamente el proceso de reparación indicado por el fabricante del vehículo, la calidad del trabajo será la adecuada en función de las pruebas y ensayos que el propio fabricante ha realizado en sus laboratorios. Así pues, es imprescindible respetar paso a paso los procesos descritos en los manuales de reparación de cada fabricante para cada zona del vehículo.

Por último, y tan importante como los dos conceptos explicados anteriormente, es conocer cuándo se produce una sobretensión.

La sobretensión se produce cuando la zona sometida a esfuerzo de tracción sobrepasa las dimensiones de las cotas establecidas, el material se alarga y se estrecha (Figura 7.14) provocando una zona más débil, difícilmente recuperable. El daño de sobretensión siempre está producido por no medir con exactitud, o por no comprobar el avance de la conformación con frecuencia.

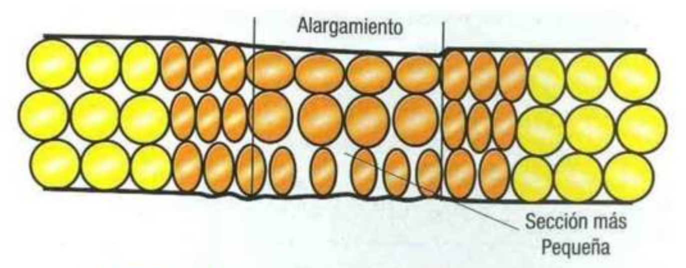


Figura 7.14. Sobretensión de la estructura

Para evitar este problema es conveniente recordar las siguientes consideraciones al realizar el conformado de la carrocería:

- Analice detenidamente la deformación producida.
- Decida la dirección del primer tiro de tracción.
- Realice la tracción muy despacio y fíjese cómo reacciona la zona deformada y las zonas adyacentes.
- Golpee la zona deformada y la zona adyacente para eliminar tensiones internas.
- Quite la fuerza de tiro que ejerce el equipo de tracción sobre la zona deformada.
- Compruebe con el equipo de medida la evolución de la conformación.
- Analice y decida de nuevo la dirección del tiro.
- Repita las operaciones indicadas tantas veces como sea necesario hasta conseguir restituir las cotas originales.

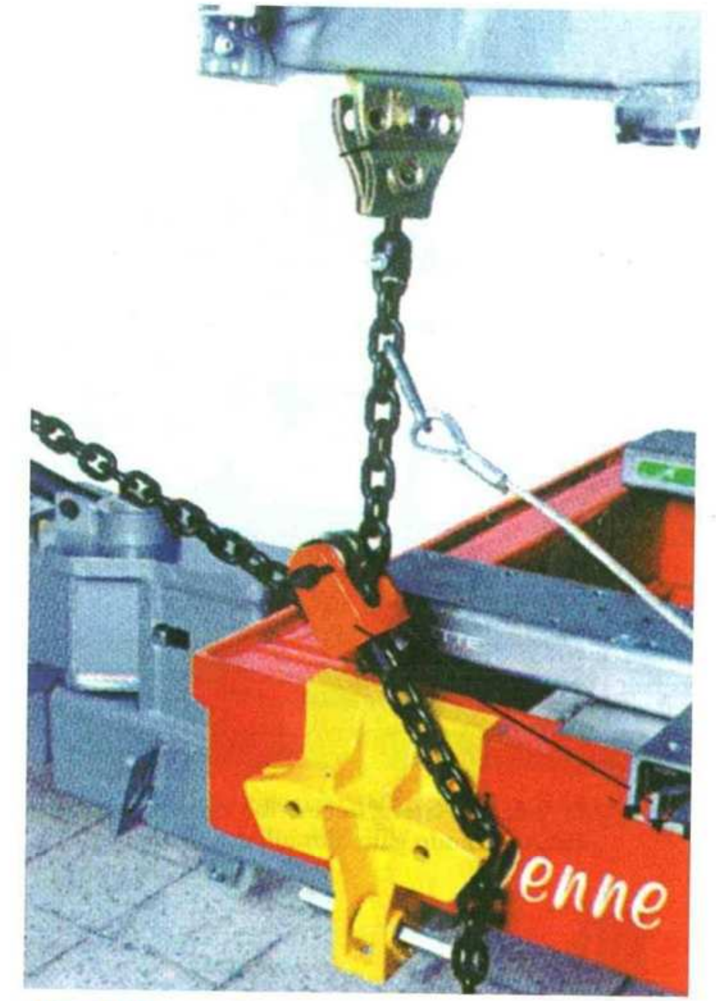


Figura 7.16. Tracción hacia abajo en larguero utilizando reenvío

7.4 Casos prácticos de tiros



Figura 7.15. Tracción lateral en el borde del techo



Figura 7.17. Tracción hacia arriba en el borde del techo, utilizando gato hidráulico adicional

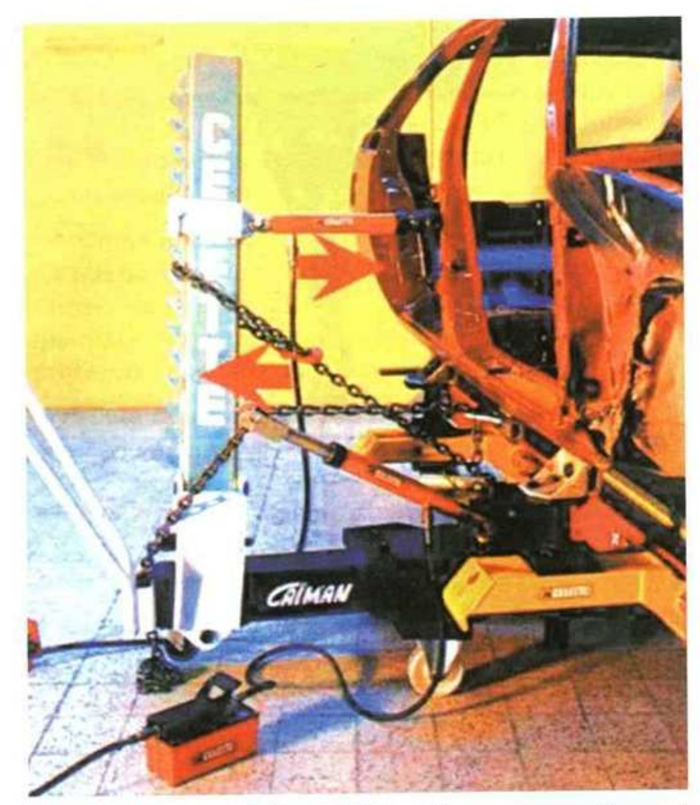


Figura 7.18. Tracción lateral del estribo con empuje en el pilar, utilizando gato hidráulico adicional



Figura 7.19. Primer tiro del lateral derecho del frontal



Figura 7.20. Tiro lateral de la traviesa derecha del parabrisas





Figura 7.21. Doble tiro de la parte trasera y frontal



Figura 7.22. Empuje del pilar

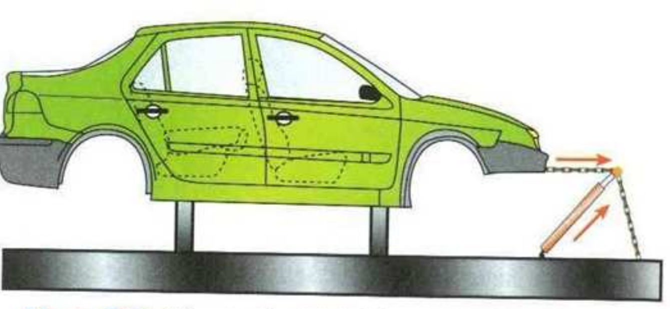


Figura 7.25. Tiro vectorial del frontal hacia adelante

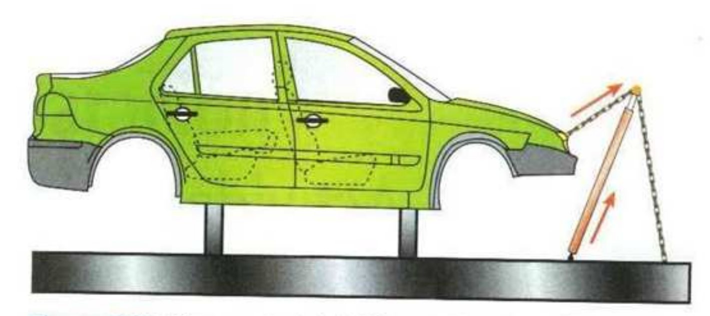


Figura 7.26. Tiro vectorial del frontal hacia arriba y hacia adelante

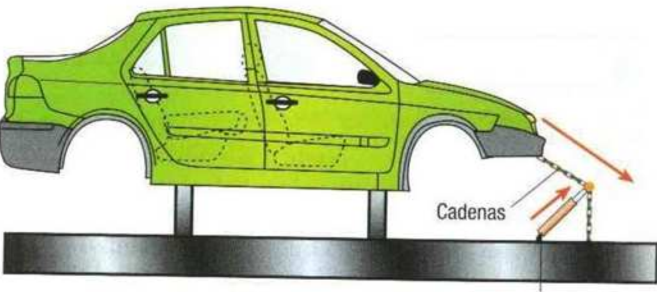


Figura 7.23. Tiro vectorial del frontal hacia adelante y hacia abajo

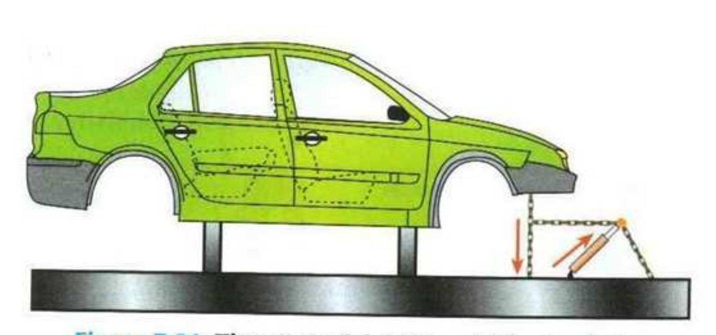


Figura 7.24. Tiro vectorial del frontal hacia abajo

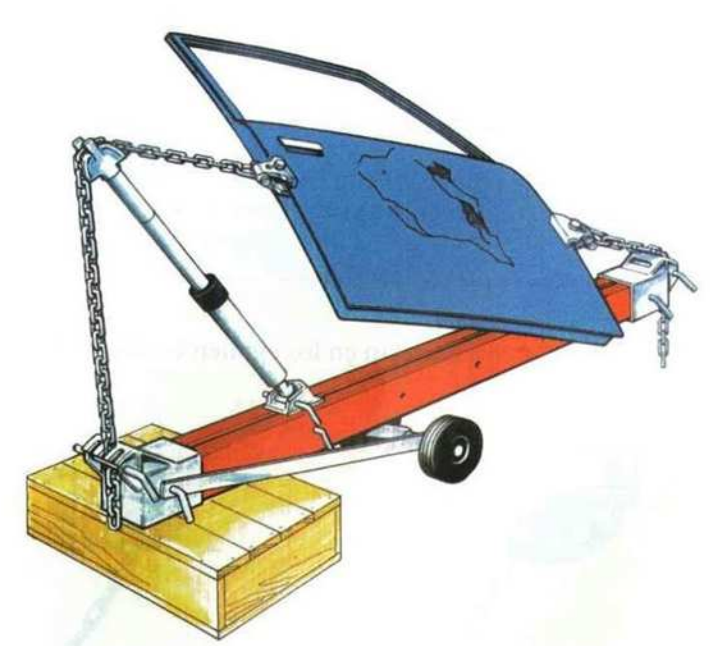


Figura 7.23. Tiro de tracción para eliminar la deformación de la puerta



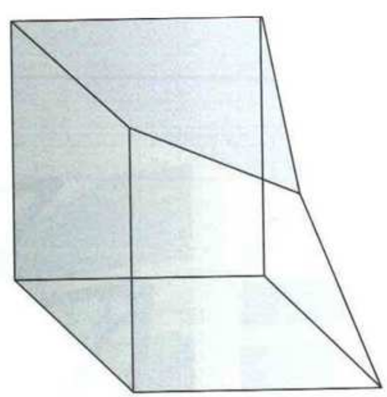
Autoevaluación

1. ¿Qué diferencia fundamental hay entre las deformaciones simples y tridimensionales explicado en este tema?
2. Explica los conceptos de tensiones y sobretensiones.
3. Desarrolla los pasos necesarios para realizar el conformado de la carrocería.
4. En un tiro vectorial, ¿cuál es la inclinación máxima que debe haber entre el extremo de la cadena anclado y el punto de tiro?
5. Explica porqué dando unos golpes desaparecen las tensiones internas en las zonas que están sometidas a tiro.

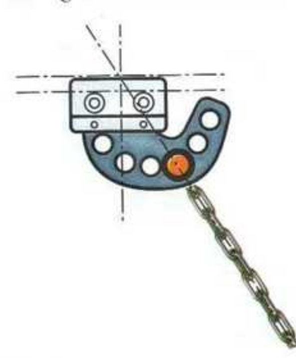


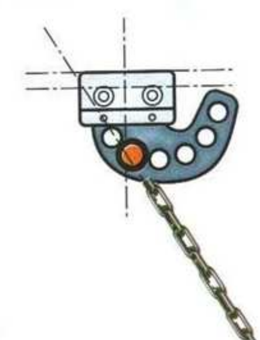
Actividades propuestas

1. Dibuja la dirección y sentido de las fuerzas de tracción necesarias para conformar la deformación del dibujo.



2. ¿Cuál es el tiro correcto en los siguientes dibujos?











Proceso genérico de reparación con bancada

Contenido

Objetivos

- Aprender a planificar y desarrollar el trabajo.
- Conocer y respetar las medidas de seguridad en la utilización de los equipos de tracción.
- Estudiar diferentes situaciones sobre el anclaje de la carrocería al bastidor.
- Localizar los puntos de control correctos y deformados.
- Planificar los tiros de tracción necesarios para restablecer las cotas originales.

Introducción

La reparación estructural de un vehículo al que previamente se ha diagnosticado su deformación y se ha decidido reparar en bancada se realiza a través de las siguientes secuencias de trabajo:

- Planificación del trabajo.
- Desmontaje de los elementos que puedan impedir o dificultar la reparación.
- Medidas de seguridad aplicables en el proceso de estirado.
- Sujeción del vehículo en la bancada:
  - Vehículos con bastidor y carrocería.
  - Vehículos con dificultades en el amarre a la bancada.
- Montaje y centrado del sistema de medida.
- Selección de los puntos a controlar en la zona dañada.
- Planificación de los tiros de enderezado y comprobación de las cotas.
- Montaje de los elementos de la carrocería que puedan utilizarse para comprobar visualmente la correcta reparación del vehículo (capó, puertas, aletas, etc.).

El ejemplo que se desarrolla a continuación es el de un vehículo que ha sufrido un golpe frontal, con grandes deformaciones, sobre todo en el larguero delantero derecho. No obstante, estas secuencias de reparación pueden servir de referencia para la reparación estructural de cualquier vehículo en bancada.

Antes de comenzar la reparación siempre es aconsejable y necesario limpiar el vehículo para evitar que la suciedad pueda ocultar pequeñas deformaciones, o que en el transcurso de la reparación se desprendan, ocasionando pequeñas molestias al reparador, o dañe los útiles de medida.

8.1 Planificación del trabajo

Una vez tomada la decisión de reparar el vehículo en la bancada, y antes de iniciar la reparación, es necesario dedicar un tiempo para trazar un plan de trabajo con el fin de poder prever con antelación las necesidades, ahorrar esfuerzo y tiempo. En este plan se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Localizar el manual de reparación del vehículo.
- Localizar las fichas técnicas de la bancada.
- Analizar la extensión de la deformación que se ha producido en el vehículo. Tal y como se indicó en los capítulos anteriores, se debe revisar detenidamente el alcance de la deformación, tanto el daño producido directamente por el golpe, como los que se han provocado como consecuencia del mismo. Este análisis se hace indispensable, sobre todo si el operario que va a realizar la reparación no es la misma persona que realizó el diagnóstico previo.
- Determinar qué piezas o elementos se tienen que desmontar, en función del análisis del alcance de la colisión.
- Prever dónde se van a almacenar las piezas que se desmonten.
- Localizar y verificar el estado de los puntos de anclaje de las pinzas. En la ficha técnica se especifican distintos puntos de anclaje. Por tanto, se debe evaluar cuáles serán los más idóneos en función de la deformación.
- Establecer las secuencias de cómo se van a efectuar los tiros de enderezado. Este apartado es de vital importancia y hay que dedicarle el tiempo que sea necesario, pues la colocación incorrecta de las cadenas puede provocar una mayor deformación. Cuando esté seguro, actúe, pero observando minuciosamente el desarrollo de la conformación de la carrocería.

8.2 Desmontaje de los elementos que puedan impedir o dificultar la reparación

Como norma sólo se tienen que desmontar las piezas o elementos que dificulten el acceso a las zonas que se han de reparar, ya que la mayoría de las bancadas están preparadas para poder comprobar cotas y reparar el vehículo, tanto con la mecánica montada como desmontada. Por tanto, dependiendo del modelo de vehículo y de la zona dañada será necesario desmontar distintos elementos.

Para tomar esta decisión analice la deformación y su alcance, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si observa que la deformación se ha producido en una zona en la que no hay elementos que puedan dificultar su reparación (por ejemplo, el final de uno de los largueros) no desmonte nada.
- Por el contrario, si el mismo larguero tiene una deformación en una zona que sirve de soporte a otros elementos (motor, caja de cambios, radiador, etc.) y tiene dudas, desmonte de momento los elementos atornillados más fáciles de desmontar y observe de nuevo la deformación. Quizás al tener más visión de la zona tenga más elementos de juicio para decidir si sigue desmontando o ver la posibilidad de reparar. Si realmente sigue teniendo dudas, desmonte todos los elementos. Esta decisión irá en beneficio de la calidad de la reparación.
- En caso de tener que desmontar circuitos que contengan materiales que puedan contaminar el medio ambiente (aceites, líquidos refrigerantes, etc.) recuerde que está obligado a recogerlo en recipientes específicos para su posterior tratamiento o reutilización.
- No guarde las piezas y elementos que desmonte dentro del vehículo. Utilice un carro o estantería identificando el vehículo que está reparando (Figura 8.1).



Figura 8.1

- Anote las piezas defectuosas que aparezcan en el desmontaje. Esta norma tan elemental le ahorrará tiempo a la hora de confeccionar el pedido de material nuevo para el montaje, o para hacer un presupuesto más exacto.
- Si la deformación que tiene el vehículo impide desmontar piezas o elementos que es necesario desmontar (por ejemplo, en un golpe frontal donde se ve la necesidad de desmontar el motor, pero está siendo presionado por la traviesa del frontal). En este caso desmonte los elementos atornillados que pueda (radiador, paragolpes, faros, etc.) y más adelante, cuando realice un primer tiro y la traviesa no presione al motor, podrá desmontar el resto.

8.3 Medidas de seguridad en el proceso de estirado

La falta de atención en el proceso de enderezado en la estructura de un vehículo puede originar desperfectos en la propia estructura, en el equipo de medición y estiraje, o incluso provocar accidentes a operarios y personas que están alrededor de la bancada. Por tanto, antes de iniciar la reparación, y en el transcurso de la misma, hay que tener presentes constantemente las siguientes medidas de seguridad.

- Utilice correctamente el equipo de estiraje, acoplando para cada tiro el útil adecuado.
- Antes de realizar cualquier tiro, asegúrese siempre que el vehículo está bien anclado. Recuerde que es mejor anclar el vehículo con todos los amarres posibles, que anclarlo apresuradamente por ahorrar tiempo.
- Compruebe siempre que las mordazas de anclaje y de las distintas pinzas de tiro están en buen estado (Figura 8.2).

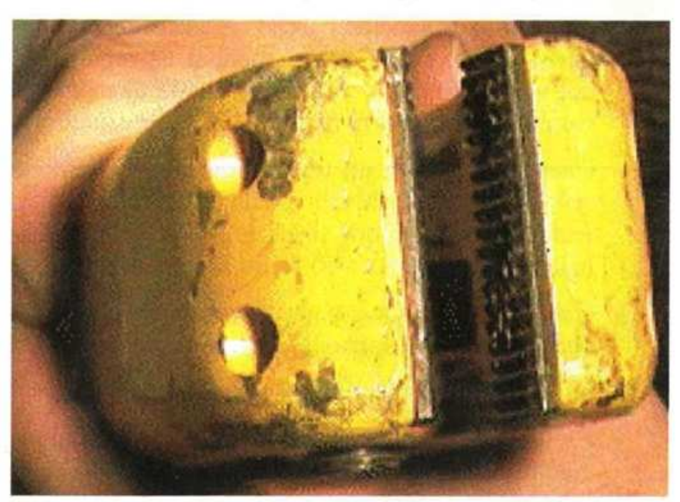


Figura 8.2

- En los vehículos con lunas pegadas, recordar que éstas forman parte de la estructura del vehículo. Por tanto, no desmontarla antes de realizar los tiros previos de enderezado, más adelante, si fuese necesario, puede ser desmontada.
- Verifique que cuando las cadenas comienzan a realizar el tiro, las mordazas no resbalan.
- Utilizar en todo momento la cadena adecuada para cada tiro (recordar que no todas las cadenas están diseñadas para soportar los mismos esfuerzos).

- Es preferible no prolongar las cadenas. En caso necesario, no unirlas con tornillos (Figura 8.3), ya que desaparece la seguridad de que puedan soportar el esfuerzo. Utilizar los útiles de prolongación adecuados.



Figura 8.3

- Verifique que la cadena no está retorcida cuando realiza el esfuerzo.
- No olvidar nunca conectar adecuadamente la cadena de seguridad antes de realizar el tiro.
- Si en el proceso de reparación se tiene que realizar un cambio de sección parcial de una pieza, proceder tal y como indique el manual de reparación del vehículo. De lo contrario, puede que se esté cambiando el reparto de fuerzas en la estructura.
- Cuando se realiza un tiro de tracción nadie debe colocarse en la misma dirección de las cadenas que realizan el tiro, ya que si se suelta por rotura o resbalamiento puede ocasionar un accidente grave.
- Como norma, nunca se sitúe dentro del habitáculo cuando realice los tiros de enderezamiento.
- Utilizar guantes de cuero y calzado adecuado.
- Evitar que las cadenas rocen con aristas pronunciadas o aristas cortantes.
- Si se realizan reparaciones sin haber desmontado parte de la mecánica, o se tiene que trabajar cerca del tapizado del habitáculo, proteger estas zonas adecuadamente.
- Muchos de los útiles que se tienen que utilizar tienen un peso considerable y, en ocasiones, dependiendo del modelo de bancada, del vehículo a reparar o de ambas cosas, las posiciones del operario resultan inadecuadas, pudiendo provocar lesiones si no se realizan correctamente. Para evitar estos accidentes, que muchas veces son irreversibles, recordar la forma correcta de levantar peso sin forzar posturas del cuerpo (Figura 8.4).



Figura 8.4

- Compruebe con frecuencia las dimensiones de la reparación para evitar pasarse de las cotas establecidas.
- Inicie los tiros de tracción lentamente, observando los movimientos que se producen en la estructura y en las cadenas.
- Utilizar gafas de seguridad cuando manipule con el martillo la cuña de bloqueo.

8.3.1. Símbolos de seguridad en los útiles de enderezado

En ocasiones en el equipamiento y en los manuales descriptivos de las bancadas, además de los rótulos de seguridad, aparecen una serie de símbolos con el objeto de recordar los riesgos inherentes a la realización de determinados trabajos o impedir el uso incorrecto del equipo (Figura 8.5).

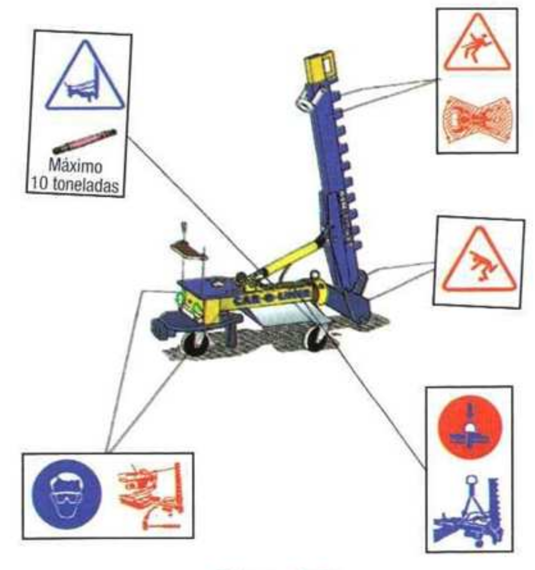


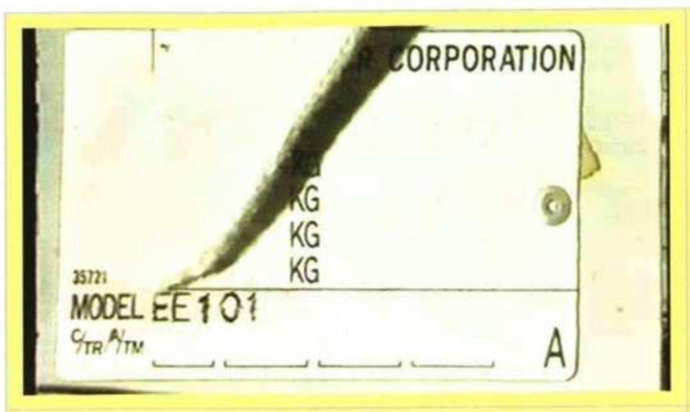
Figura 8.5

Los símbolos más usuales son:

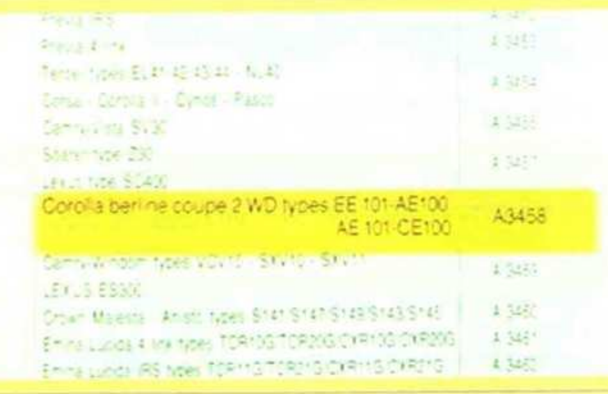


	Utilizar gafas de seguridad cuando se golpee sobre la cuña de bloqueo.
	Asegurarse de que los pernos de seguridad están colocados correctamente.
Máximo 10 toneladas	Equipo de tracción preparado para un cilindro de 10 toneladas de potencia máxima.
	Prestar atención a la posible proyección de objetos durante los trabajos de enderezamiento. No situarse detrás o cerca del enderezador por tracción durante una operación de enderezado.
	Tener precaución para no tropezar con las mangueras de conexión.

8.4 Sujeción del vehículo en la bancada

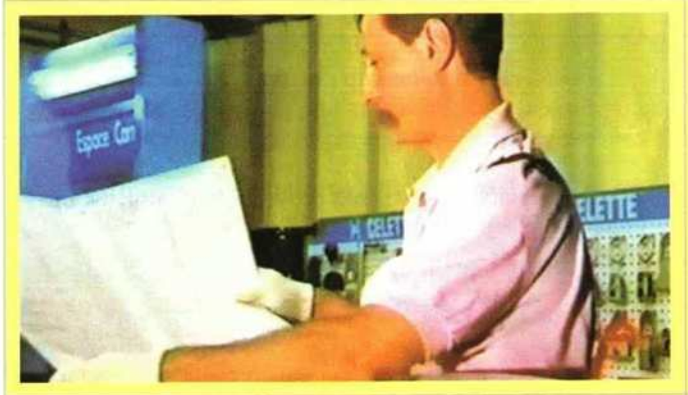


Se iniciará la reparación localizando y anotando los datos de la placa identificativa del vehículo.

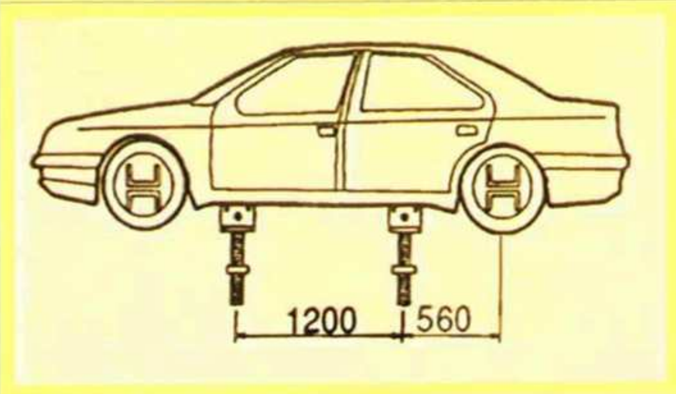


Corolla berline coupe 2 WD types EE 101-AE100 AE 101-CE100 A3458

En el índice de las fichas técnicas que proporciona el fabricante de la bancada, localizar el vehículo y anotar el número de la ficha técnica que corresponda.

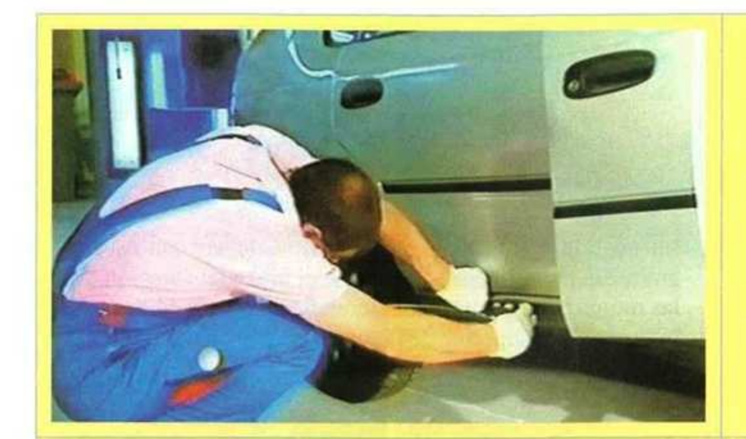


Localizadas las fichas, es conveniente introducirlas en una funda de plástico y, con unos imanes o cinta adhesiva, sujetarla en la carrocería del vehículo o en otro sitio donde siempre esté al alcance del operario para su consulta rápida.



La primera información que se necesita es la distancia a la que se deben colocar las mordazas de sujeción, ya que para realizar tiros de tracción es indispensable que el vehículo esté fuertemente sujeto sobre la bancada.

La sujeción de las mordazas de agarre se realiza en zonas resistentes indicadas en las fichas técnicas, normalmente en las pestañas de los estribos. Aunque dependiendo de la bancada, también se pueden anclar utilizando unos útiles que sirven a la vez de soporte y de control de las cotas, tanto con mecánica montada como desmontada.



Partiendo del centro del eje trasero del vehículo, marcar con una tiza o un trozo de cinta de enmascarar la distancia a la que se debe sujetar la primera mordaza. A continuación y partiendo de la última marca, tal y como indica la ficha del ejemplo, marcar la distancia a la que debe sujetarse la segunda mordaza.

Realizar esta operación en ambos lados del vehículo.

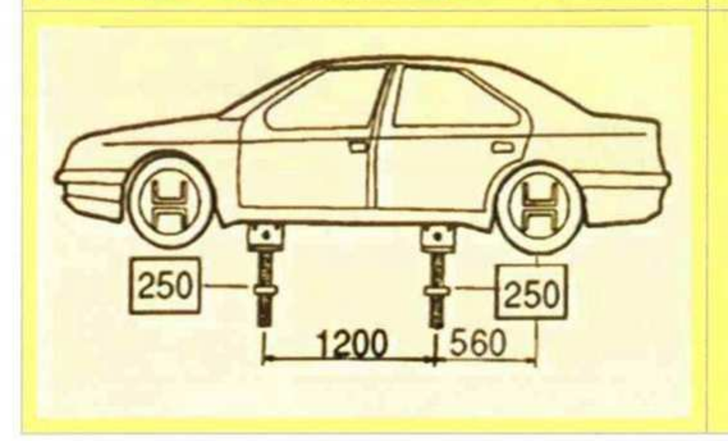


Una vez marcada la posición de las mordazas, limpiar la zona donde han de ir ancladas.



Montar los brazos que sujetan las mordazas en la bancada y posicionarlas a la medida indicada en la ficha.

En algunos modelos de bancadas las mordazas guardan posición de lado (izquierda/derecha). En tal caso, vendrá indicado en la ficha técnica.



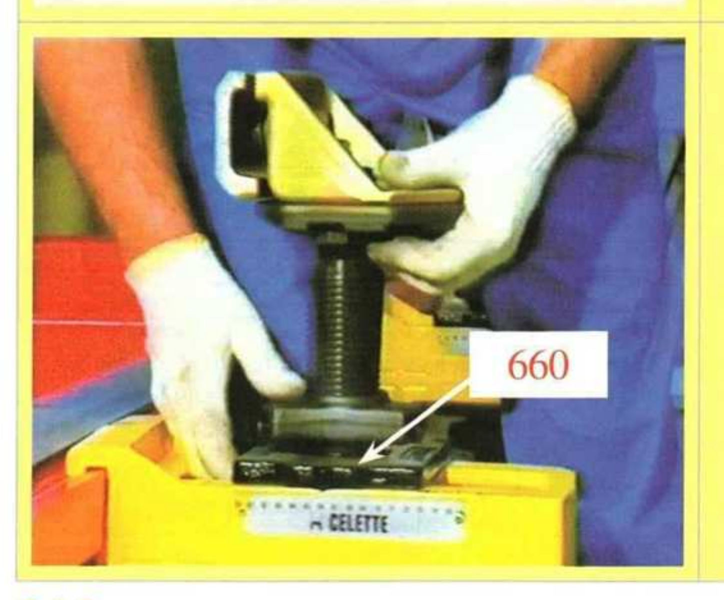
Volver a mirar la ficha y comprobar la altura a la que deben estar las mordazas. En este caso a 250 mm.



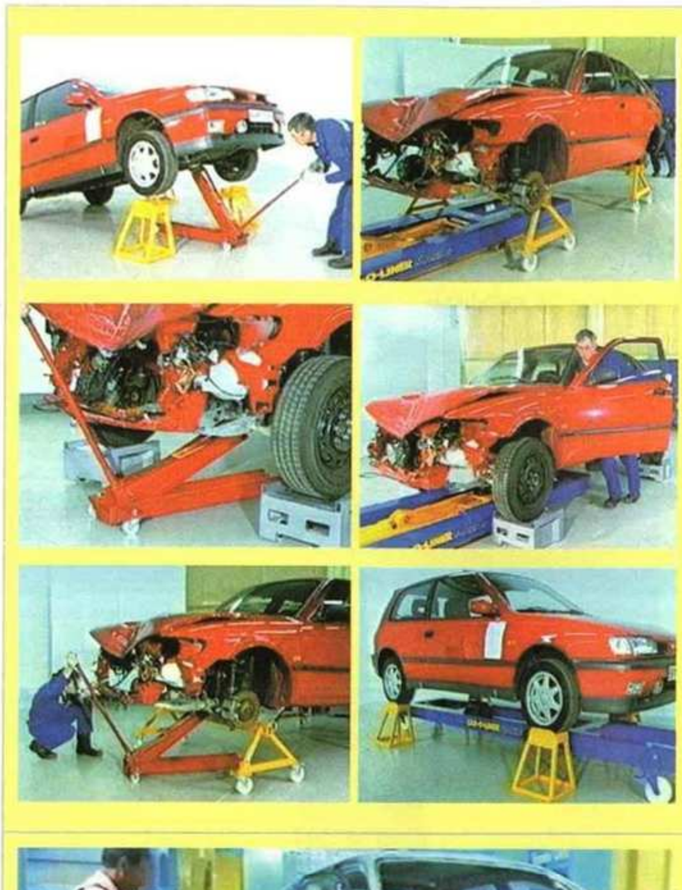
La medida viene indicada normalmente en una escala graduada en milímetros que tiene el brazo de sujeción de las mordazas. El punto de referencia para su medida suele ser la parte superior de la tuerca de bloqueo del brazo.



De nuevo revisar la ficha y comprobar la medida de anchura a la que deben estar los brazos.



En el ejemplo son 660 mm, que se conseguirá desplazando el brazo sobre el soporte hasta la medida indicada.



Una vez colocados los soportes de amarre a las medidas indicadas en las fichas, abrir totalmente las mordazas y subir el vehículo a la bancada utilizando los medios de que se disponga.

Caballete fijo.

Caballete con ruedas.



Elevador fijo o móvil.



Pantógrafo con ayuda de plataforma, etc.



Las marcas realizadas anteriormente en el vehículo deben coincidir con el centro de las mordazas.

Apretar las mordazas.



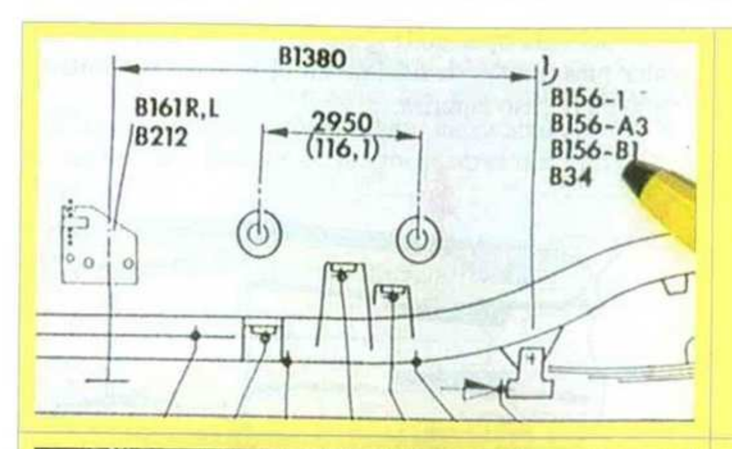
Las mordazas pueden tener distintas formas o aprietes, en función del fabricante de la bancada.

Con dobles mordazas.

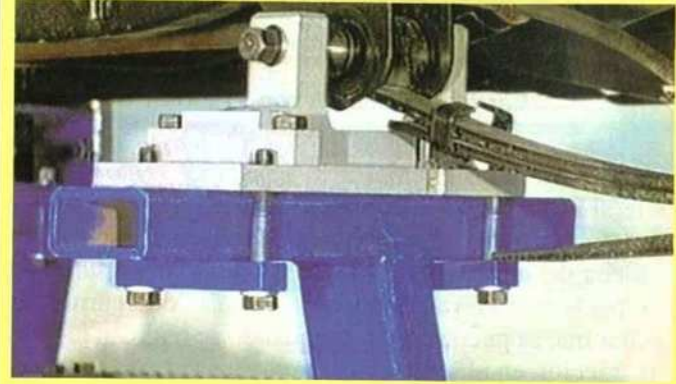


Con soportes que son, a la vez, puntos de amarre y de control de cotas, utilizándose las mordazas sólo para sujetar mejor la carrocería a la hora de realizar los tiros de enderezados, para que no se produzcan deformaciones en los puntos de control/amarre.

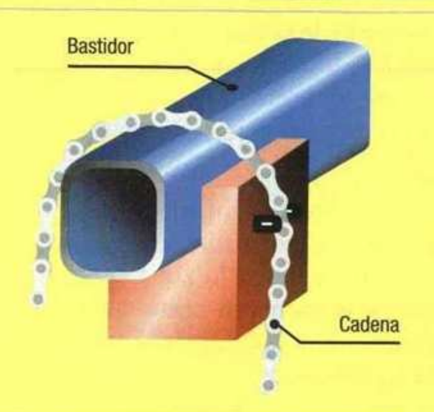
8.4.1. Sujeción de vehículos con bastidor y carrocería



En los vehículos con bastidor y carrocería separada, la sujeción a la bancada no se puede realizar en las pestañas de los estribos. En estos vehículos el amarre suele hacerse con útiles distintos. Como en los demás casos, vienen indicados en la ficha técnica de la bancada.



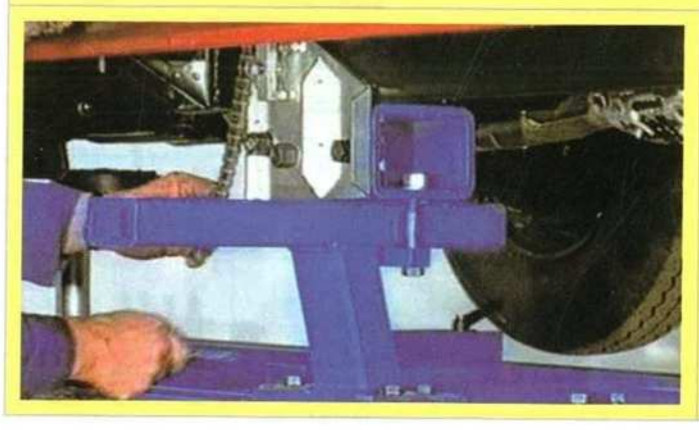
En el ejemplo de la foto, la sujeción en la parte trasera se realiza en uno de los soportes de la suspensión con los útiles y suplementos indicados en la ficha.



A la medida indicada en la ficha (1.380 mm) se monta un útil que, a través de una cadena, abraza el bastidor sujetándolo fuertemente.

De esta forma se suple la carencia de pestaña en los estribos.

Dependiendo del vehículo, el fabricante tiene diseñada la mejor forma de sujeción. Así pues, es muy importante no adoptar métodos de sujeción sin consultar con las fichas técnicas y, en caso de su ausencia, consultar con el fabricante de la bancada para evitar posibles deformaciones no deseadas.



Al bordear el bastidor con la cadena, asegurarse de que no ha pinzado ningún cable eléctrico o tubería.

8.4.2. Vehículos con dificultades en el amarre a la bancada

La reparación estructural de la carrocería implica la utilización de grandes fuerzas, por lo que el vehículo debe anclarse fuertemente a la bancada. Como ya se ha indicado anteriormente, las pestañas inferiores de los estribos son los apoyos más utilizados en las carrocerías autoportantes.

Estos puntos de sujeción son de total fiabilidad cuando se realizan tiros longitudinales, tanto hacia adelante como hacia atrás. Pero si se necesita aplicar tiros de tracción laterales o verticales con grandes fuerzas, se corre el riesgo de que los agarres instalados no sean suficientes para garantizar que no se produzcan daños en zonas que no estaban deformadas.

Por otro lado, si la deformación de la carrocería se ha producido en la zona donde se ha de amarrar una pinza, la reparación debe de iniciarse por esta zona, hasta conseguir que se sitúe en sus cotas originales y la mordaza de agarre se pueda anclar correctamente.

A continuación, se exponen distintos ejemplos que se pueden presentar en el proceso de anclar el vehículo a la bancada, proponiendo distintas soluciones para cada caso. No obstante, pueden presentarse deformaciones distintas a los ejemplos que se presentan, que requieran aplicar la fusión de los distintos métodos presentados.

En el ejemplo de la Figura 8.6, el vehículo se puede agarrar por tres mordazas, la cuarta mordaza no se puede anclar porque la zona está deformada como consecuencia de la colisión.

En este caso, si la deformación no es muy pronunciada, sería suficiente con utilizar otro amarre en el lado opuesto y realizar los primeros tiros con el fin de llevar a su cota original la zona del cuarto punto de anclaje y así amarrar correctamente la carrocería para seguir reparando el resto de la deformación.

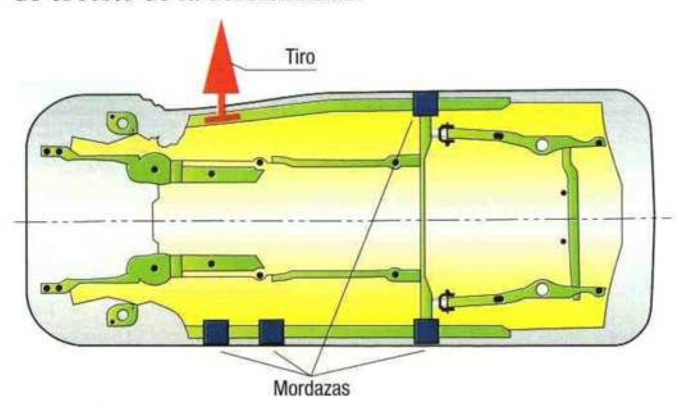


Figura 8.6. Carrocería anclada con 3 mordazas en un lado

Si la deformación es tan pronunciada que ha afectado al larguero delantero izquierdo, pero sin afectar ningún punto del lado opuesto (Figura 8.7), no es suficiente con poner más puntos de anclaje en el lado no deformado, como en el caso anterior.

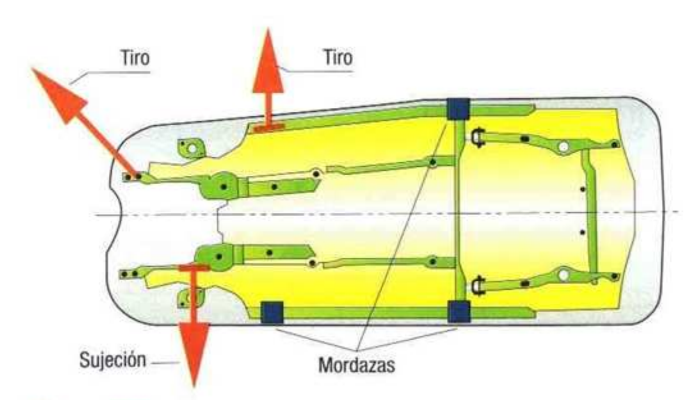


Figura 8.7. Carrocería anclada con 3 mordazas y cadena de sujeción

En este caso es necesario sujetar el vehículo en el lateral no deformado con las dos mordazas que se pueden anclar correctamente y, a continuación, montar una cadena de sujeción en el larguero derecho, en una zona un poco más elevada que las mordazas de agarre, para evitar que se pueda desplazar cuando se realicen los tiros de tracción en el lado opuesto.

En el ejemplo de la Figura 8.8, la deformación alcanza todo el lateral y el lado opuesto tiene afectados los extremos delanteros y traseros, pero se puede anclar correctamente en la zona central, por las dos mordazas de anclaje.

En este tipo de deformación no es suficiente con sujetar lateralmente el vehículo, puesto que está deformado. La solución consistirá en realizar distintos tiros simultáneos, hasta llevar la zona central a las cotas en las que se pueden amarrar correctamente las mordazas y dejar la carrocería bien anclada para continuar con el resto de la reparación.

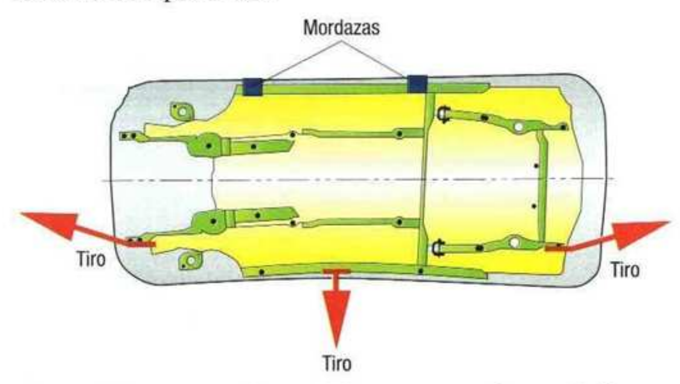


Figura 8.8. Carrocería anclada con 2 mordazas y 3 tiros a la vez

En el caso de que la carrocería se pueda anclar correctamente por sus cuatro mordazas y la deformación haya producido una variación en la altura del larguero, es aconsejable instalar un soporte adicional en la zona más cercana a la deformación que esté dentro de cotas para realizar tiros verticales, tanto hacia arriba como hacia abajo, sin el temor de provocar otras deformaciones (Figura 8.9).

Este amarre puede ser en ocasiones un gato adicional, para provocar esfuerzos hacia arriba.

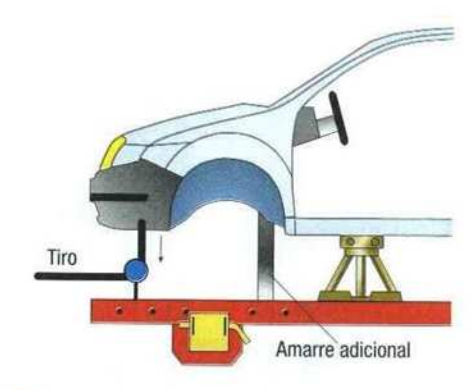
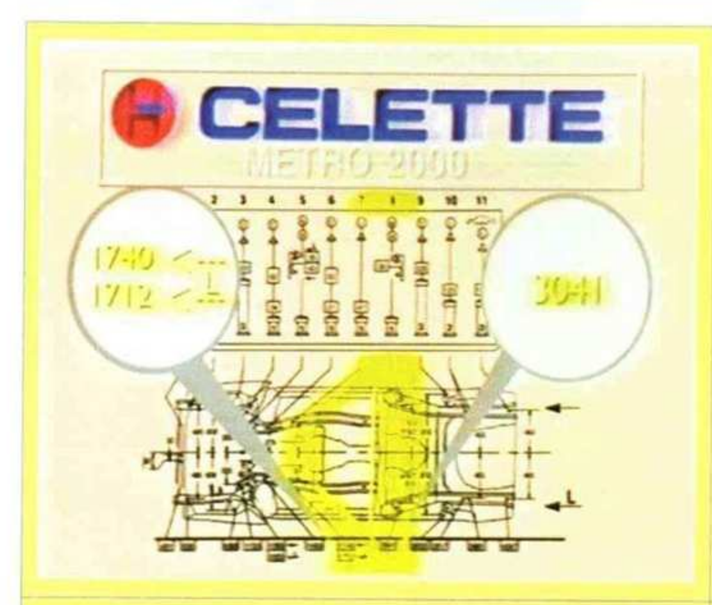


Figura 8.9. Carrocería anclada con soporte adicional para realizar tiro hacia abajo

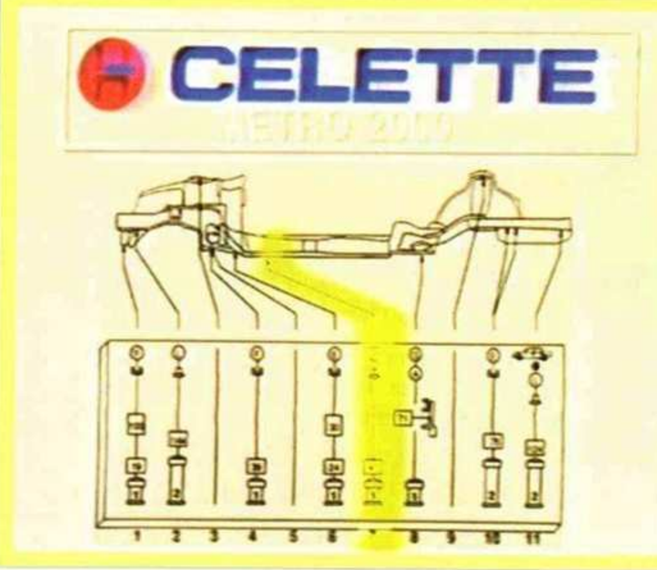
8.5 Montaje y centrado del sistema de medida



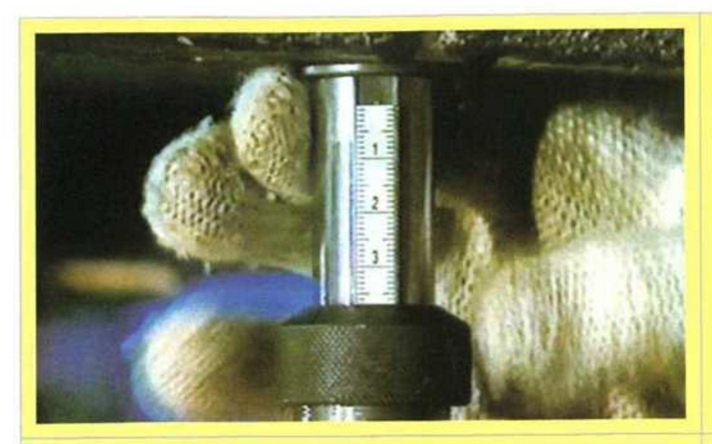
Instalar en la bancada el sistema de medida, salvo que sea un modelo que lo tenga instalado de forma permanente.

Con la ficha delante y observando los bajos del vehículo, elegir distintos puntos simétricos que no hayan sufrido daños en la colisión, para centrar el equipo de medida respecto del vehículo.

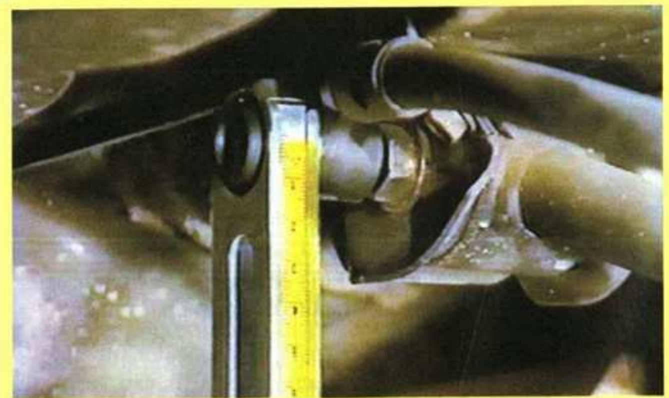
Es recomendable un mínimo de tres o cuatro puntos lo más alejados posible unos de otros.



Sobre la ficha, elegir las torres, los distanciales y los terminales necesarios para comprobar los punto elegidos.

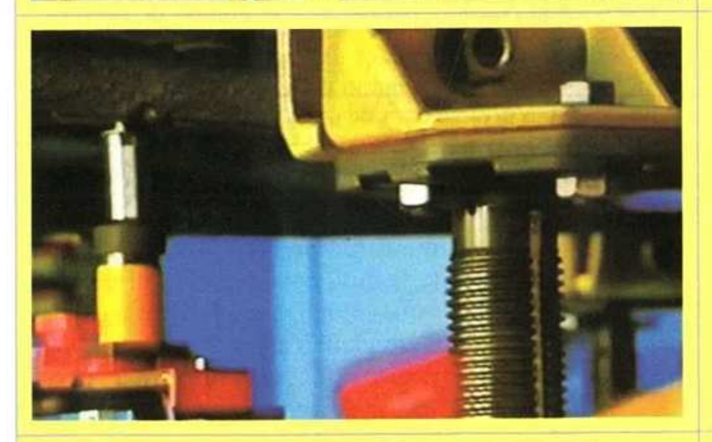


Montar las torres en los puntos elegidos y comprobar las medidas de cada punto.



Si alguno de los puntos elegidos son tornillos de la suspensión, instalar los adaptadores adecuados.

Es muy importante cerciorarse de que los adaptadores y prolongadores son los indicados en la ficha. De lo contrario, las medidas serían incorrectas.



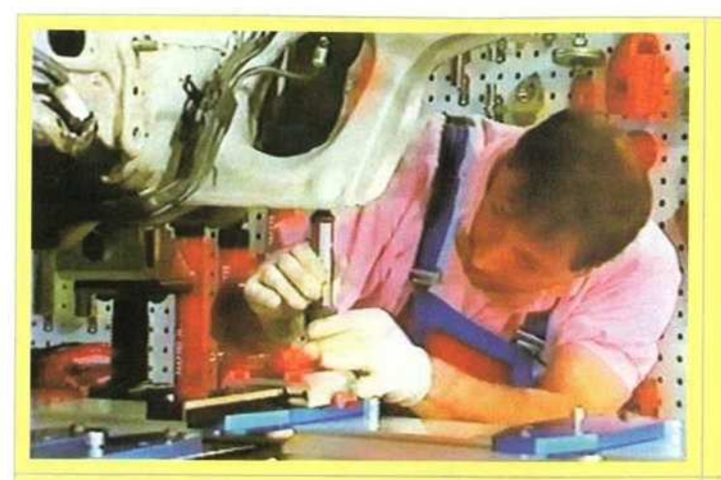
Una vez instaladas todas las torres de medida, si se comprueba que no tienen la cota de altura indicada en la ficha se pueden subir o bajar las mordazas (por tanto, el vehículo), girando la tuerca de bloqueo del brazo, hasta conseguir la medida indicada en la ficha.



Tras comprobar que las cotas son las correctas, inmovilizar los brazos apretando las tuercas de bloqueo.

La medidas de anchura y longitud deben coincidir con las indicadas en la ficha. En caso contrario, indicaría que ese o esos puntos también han sido afectados por la colisión.

8.6 Selección de los puntos a controlar en la zona dañada



Centrado definitivamente el equipo de medida, seleccionar distintos puntos que a simple vista hayan sido afectados por la colisión.

Es importante revisar de nuevo el vehículo partiendo de la zona que ha sido controlada para el centrado del equipo de medida, observando la existencia de arrugas o pliegues, antes de decidirse por los puntos a controlar. En caso de dudas, comenzar controlando los puntos más cercanos a la zona utilizada para el centrado y avanzar hacia la zona que sí se ve que está afectada por el golpe.



En cada punto seleccionado comprobar la medida de altura, anchura y longitud y compararlo con las medidas indicadas en la ficha. Las variaciones existentes permitirán cuantificar la deformación y cómo se han de realizar los tiros para restablecer las cotas originales.

8.7 Planificación de los tiros de enderezado y comprobación de las cotas



Realizado el diagnóstico de la deformación, montar la escuadra de tiro en la zona elegida para iniciar la reparación.



Sujetar la escuadra de tiro a la bancada de la forma indicada por el fabricante.

En muchos casos, para bloquear la escuadra se utiliza una cuña, la cual, una vez introducida, hay que golpearla para su bloqueo total. Estos golpes se han de dar con un mazo de cobre para evitar la deformación de la cuña.

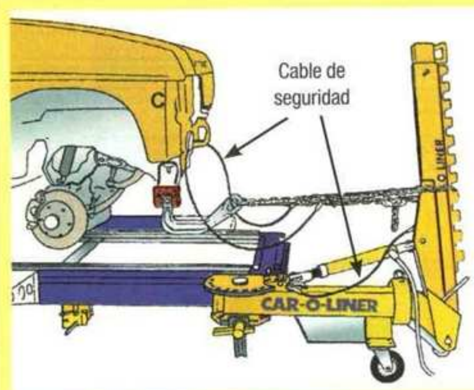
El mazo de cobre puede proyectar pequeñas virutas al ser golpeado, por lo que es necesario utilizar gafas y guantes de protección.



Montar las mordazas de tiro en los puntos seleccionados para iniciar la reparación, observando cómo se desarrolla el enderezado de las arrugas y pliegues.



No realizar ningún tiro sin montar antes correctamente el cable de seguridad.



El cable de seguridad se ha de colocar tanto en la cadena que realiza el tiro, como entre el brazo de la escuadra y el cuerpo del enderezador, para impedir que el brazo se desplace excesivamente hacia atrás si se produce un deslizamiento de las mordazas de agarre o rotura de la cadena.

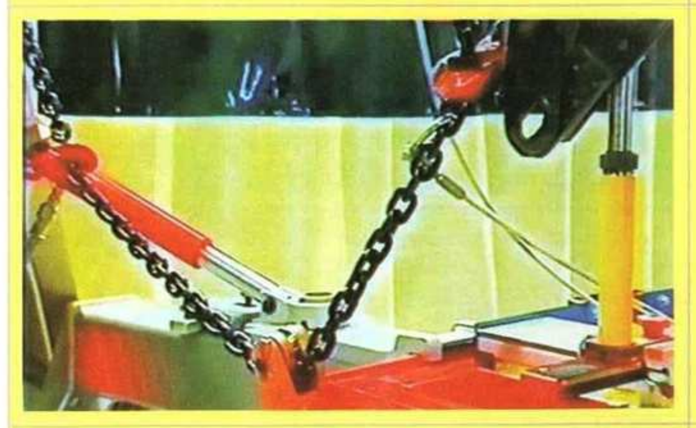


Recordar que una vez realizado el tiro y antes de quitar la presión en la escuadra, es necesario dar unos golpes en la zona que se está enderezando para eliminar o disminuir las tensiones internas del material.



Después de cada tiro, aflojar la tensión de la escuadra y comprobar la evolución de la carrocería en los puntos de control.

Es mejor realizar diversos tiros e ir avanzando poco a poco, para evitar rebasar las medidas indicadas en la ficha.



Los tiros, tal y como se indicó, se han de realizar en sentido contrario a la deformación, pero como la carrocería no se deforma por igual, debido a su configuración y refuerzos, a veces es necesario realizar tiros siguiendo direcciones diferentes para que la estructura recupere su forma original. De aquí la importancia de ir comprobando después de cada tiro la evolución de los puntos de control.

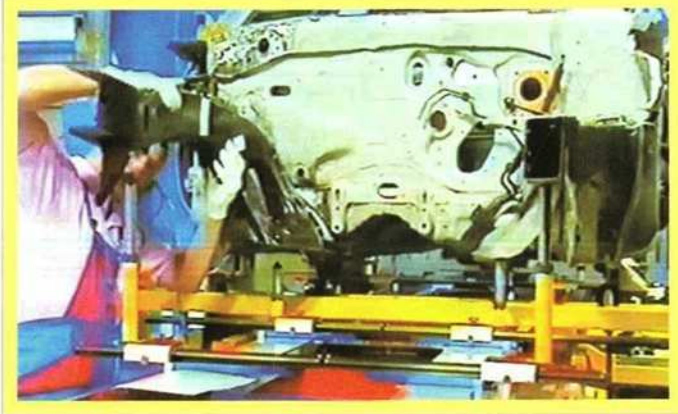


Utilizar siempre los útiles adecuados para cada tiro.

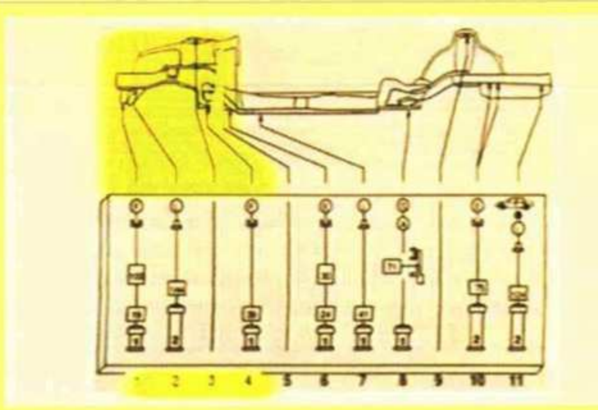


Algunas zonas pueden presentar deformaciones que no sean reparables. En estos casos, una vez realizado un primer estiraje, para conseguir un enderezado previo, la reparación se realiza sustituyendo las piezas o con un cambio de sección parcial. En ambos casos, los cortes se han de realizar de acuerdo con el manual de reparación del fabricante del vehículo.

No obstante, es necesario comprobar siempre que la zona anterior a la zona afectada está dentro de las cotas establecidas en la ficha.



Una vez preparadas las piezas nuevas (en este ejemplo, larguero y pase de rueda derecho) para su anclaje, tal y como establece el manual de reparación, realizar un montaje previo para comprobar su correcta ubicación.

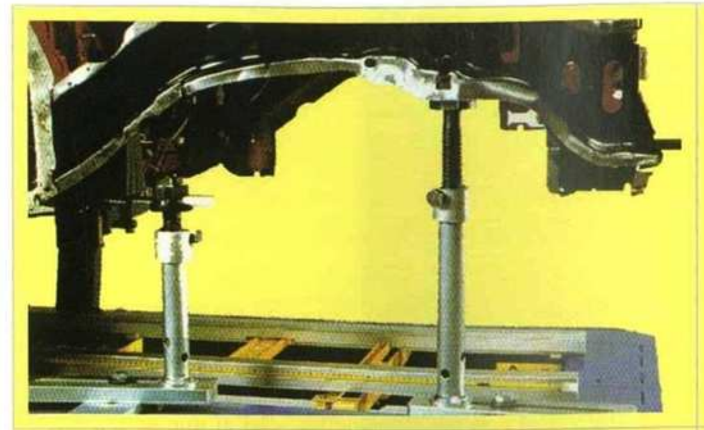


Acudir de nuevo a la ficha técnica y comprobar las torres que se tienen que instalar en el equipo de medida para que las nuevas piezas queden ancladas correctamente.



Montar de nuevo el larguero e inmovilizarlo con los útiles adecuados (brazo de anclaje, etc.), y comprobar de nuevo las cotas.

Es importante no proceder a la unión definitiva de las piezas cuando sólo están sujetas por las torres de medición, ya que en el transcurso de la soldadura pueden producirse desviaciones.



Cada fabricante de bancada tiene un juego de accesorios para inmovilizar las piezas en las cotas indicadas en la ficha mientras se realiza su unión.



Estos accesorios pueden combinarse entre sí para adaptarse a las necesidades de cada unión y vehículo.



Comprobado definitivamente que las cotas son las correctas y que todo está bien sujeto, proceder a la soldadura utilizando los medios adecuados según el fabricante del vehículo y las protecciones personales y ambientales necesarias.

No olvidar aplicar los tratamientos anticorrosivos necesarios en cada unión.



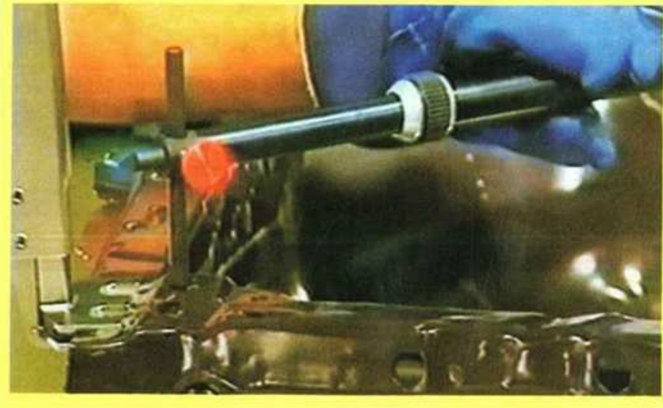
Terminada la unión de las piezas, retirar el brazo de anclaje y comprobar de nuevo todas las cotas.

La comprobación reiterada de las cotas garantiza que el proceso de reparación se está efectuando correctamente y, por tanto, la calidad del trabajo realizado.

Recordar siempre que "para después, puede ser tarde".

Comprobar siempre las tres cotas: altura, anchura y longitud.





Para verificar la parte superior del frontal también se puede utilizar el compás de simetría, con el que se pueden comprobar distintos puntos que han de ser equidistantes entre sí.

8.8 Montaje de los elementos de la carrocería que puedan servir de referencia para comprobar visualmente la correcta reparación del vehículo

Montar el capó y las aletas comprobando que la separación entre ambos es la adecuada y que la separación entre aleta y puerta también es la correcta (Figuras 8.10 y 8.11).

Si todas las verificaciones son positivas, el vehículo está listo para pasar al proceso de preparación para el pintado.



Figura 8.10



Figura 8.11



Autoevaluación

1. Anota todos los pasos necesarios para planificar correctamente el conformado de la carrocería cuando ha tenido una fuerte deformación como consecuencia de una colisión.
2. Indica cuál es el proceso adecuado para anclar una carrocería al bastidor, cuando sólo se puede sujetar en un lateral, debido a que el lado opuesto tiene una gran deformación.
3. Indica un mínimo de cuatro medidas de seguridad en el proceso de enderezado de la carrocería.
4. ¿Qué diferencia fundamental existe entre los vehículos autoportante y con bastidor a la hora de anclarlo?
5. Una vez localizada la ficha del vehículo a reparar y para instalar y centrar el sistema de medida, ¿Qué es lo primero que hay que hacer?

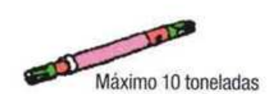


Actividades propuestas

1. Un vehículo ha sufrido una colisión frontal contra un árbol cuando circulaba a gran velocidad. Realiza el proceso completo de la reparación, desde su prediagnóstico hasta su total reparación, anotando las partes deformadas, los útiles necesarios, localización de la ficha técnica, los tiros, etc.

2. Anota qué indican estos símbolos.











3. ¿Qué está indicando el siguiente esquema?



Elementos estructurales del vehículo

Este libro forma parte de la serie "Carrocería" y ha sido desarrollado siguiendo las directrices que determinan el currículo del módulo profesional de Elementos estructurales del vehículo del Ciclo Formativo de Grado Medio de Carrocería, perteneciente a la familia de Transporte y Mantenimiento de Vehículos.

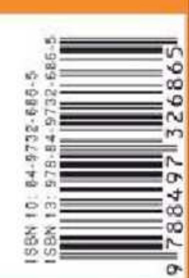
La presente obra se estructura en dos grandes bloques temáticos:

- Diseño, fabricación y elementos de seguridad pasiva del vehículo.
- Diagnóstico y reparación de vehículos sobre bancadas.

En el primer bloque se analizan y describen los procedimientos habituales que se utilizan en la génesis del nuevo modelo, mediante un estudio detallado de la secuencia operativa, que tiene lugar desde los cálculos preliminares de viabilidad del diseño hasta la entrada en el proceso de producción en serie del vehículo. Todo ello complementado con un estudio pormenorizado de dos apartados tan significativos como son las pruebas de choque (crash-test) y los conceptos aerodinámicos. A continuación se describen los procedimientos y dispositivos más frecuentemente utilizados en materia de seguridad.

El segundo bloque se inicia estudiando los distintos sistemas de fuerzas y los efectos que producen en una colisión. A continuación se describe el equipamiento necesario para realizar las reparaciones de la estructura de la carrocería y los distintos sistemas de diagnóstico de daños estructurales, desde el más elemental hasta los sistemas informatizados, basándose como no puede ser de otra forma, en los datos técnicos proporcionados por los fabricantes de vehículos y los constructores de los equipos de diagnóstico. Por último, se pormenorizan los pasos a seguir para la reparación de la carrocería en la bancada y se describen las tensiones y sobretensiones que se pueden producir en el transcurso de la reparación.

Debido al espíritu eminentemente didáctico que ha guiado la preparación de esta obra, el contenido incluye las innovaciones más recientes en este campo, desarrollándose en un lenguaje claro y preciso que se apoya en un gran número de gráficos, dibujos y fotografías; favoreciendo así, la fácil y rápida comprensión de los temas que se abordan, para que el lector alcance sin dificultad la capacidad necesaria en esta interesante materia.


ISBN 10: 84-9732-686-5
ISBN 13: 978-84-9732-686-5

Paraninfo
www.paraninfo.es